



FACULDADE ARI DE SÁ
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

MATHEUS ARAGÃO MORAES

**ESTUDO COMPARATIVO DE CUSTO E PLANEJAMENTO ENTRE OS
MODELOS ESTRUTURAIS DE CONCRETO ARMADO E PERFIL
METÁLICO PARA UMA OBRA RESIDENCIAL**

FORTALEZA

2020

MATHEUS ARAGÃO MORAES

**ESTUDO COMPARATIVO DE CUSTO E PLANEJAMENTO ENTRE OS
MODELOS ESTRUTURAIS DE CONCRETO ARMADO E PERFIL
METÁLICO PARA UMA OBRA RESIDENCIAL**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como requisito parcial à
obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Civil, da Faculdade Ari de Sá.

Orientador: Prof. Me. Ésio Magalhães
Feitosa Lima.

Coorientador: Prof. Me. Danúbio Costa
Lagoa.

FORTALEZA

2020

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Faculdade Ari de Sá
Gerada automaticamente mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

M828e Moraes, Matheus.

ESTUDO COMPARATIVO DE CUSTO E PLANEJAMENTO ENTRE OS MODELOS
ESTRUTURAIS DE CONCRETO ARMADO E PERFIL METÁLICO PARA UMA OBRA RESIDENCIAL

/ Matheus Moraes. – 2020.

64 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso – Faculdade Ari de Sá, Curso de Engenharia Civil,
Fortaleza, 2020.

Orientação: Prof. Me. Ésio Magalhães Feitosa Lima.

Coorientação: Prof. Me. Danúbio Costa Lagoa.

1. Comparativo. 2. Estrutura Metálica. 3. Concreto Armado. 4. Orçamento. 5. Planejamento. I.
Título.

CDD 620

MATHEUS ARAGÃO MORAES

**ESTUDO COMPARATIVO DE CUSTO E PLANEJAMENTO ENTRE OS MODELOS
ESTRUTURAIS DE CONCRETO ARMADO E PERFIL METÁLICO PARA UMA
OBRA RESIDENCIAL**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como requisito parcial à
obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Civil, da Faculdade Ari de Sá.

Orientador: Prof. Me. Ésio Magalhães
Feitosa Lima.

Coorientador: Prof. Me. Danúbio Costa
Lagoa.

Aprovada em: 18/12/20

BANCA EXAMINADORA

Prof. Me. Ésio Magalhães Feitosa Lima.
Faculdade Ari de Sá

Prof. Me. Carlos Valbson dos Santos Araújo
Universidade de Brasília

Prof. Me. Leonardo Tavares de Souza
Faculdade Ari de Sá

Dedico esse trabalho a minha família e amigos, que entenderam meus momentos de ausência. Aos meus pais, que sempre me apoiaram em qualquer fosse minha jornada. À minha vó, que fez o que pôde para que eu conseguisse focar nas minhas obrigações. À Rayssa, que entendeu e me apoiou incondicionalmente em toda essa jornada.

AGRADECIMENTOS

À Deus, pela presença irrefutável em minha vida.

À minha mãe, pelo apoio incondicional, exemplo de determinação e me proporcionar o melhor que estava ao seu alcance durante toda minha vida.

Ao meu pai, por sua preocupação e apoio durante toda a faculdade.

À minha vó, por fornecer as melhores condições possíveis a mim.

À minha família por ter entendido todos os momentos de ausência.

À Rayssa, por sempre ter compreendido, me apoiado incondicionalmente e me auxiliado durante toda essa jornada da escrita do trabalho de conclusão de curso.

Ao meu orientador por ter topado esse desafio de me auxiliar e me guiar durante toda essa jornada.

Ao meu coorientador por ter me auxiliado também na elaboração da monografia.

Finalmente, à Faculdade Ari de Sá por possibilitar a realização deste estudo.

A persistência é o caminho do êxito.
(Charles Chaplin)

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo comparar o custo e planejamento de uma edificação em dois modelos estruturais distintos, que são o de estrutura metálica e concreto armado. Dimensionando ambas estruturas e retirando os quantitativos necessários para a execução das mesmas, e assim calcular o tempo para ambas as obras e custo total das edificações, considerando os preços atuais do mercado da construção civil e na tabela da SEINFRA. A estrutura metálica foi dimensionada por meio do software CYPE3D e a estrutura em concreto armado foi dimensionada através do software TQS e todos os quantitativos foram retirados através dos mesmos. Com a elaboração das planilhas de orçamento das estruturas, feitas através do software Excel, e baseando-se nos preços do cenário do mercado da construção atual, em meio a pandemia da COVID-19 com sua variação constante de preços, a estrutura em perfis metálicos se mostrou 123% mais cara do que a em concreto armado. A elaboração do tempo necessários para execução de ambas edificações também foi feita através do software Excel, onde a estrutura metálica se mostrou, através dos cálculos, ser executada 68% mais rápida do que a em concreto armado, mostrando que os dois métodos estruturais possuem uma relação consideravelmente elevada tanto de custo quanto de planejamento.

Palavras-chave: Comparativo. Estrutura Metálica. Concreto Armado. Orçamento. Planejamento.

ABSTRACT

The present study aims to compare budget and planning of the same building in two different structural models, which are the metallic structure and reinforced concrete. Its aims to dimension both structures, to withdraw the necessary amount of information for the execution of both structures, and then calculate the necessary amount of time to build both structures and finds the total cost of both structures, considering the current prices of the civil construction market and the SEINFRA cost table. The metal structure was calculated using the CYPE3D software and the reinforced concrete structure was calculated using the TQS software and all the quantitative that were extracted were withdraw through them. The elaboration of the budget sheets of both structures were made by using the Excel software, based on the prices of the current construction market scenario, caused by the COVID-19 pandemic. The structure made in metallic profiles was 123% more expensive than reinforced concrete. The elaboration of the needed time for the execution of both buildings was also done using the Excel software, where the metallic structure was shown, through calculations, to be executed 68% faster than the one made with reinforced concrete, showing that the two structural methods have a considerably large relation both in cost and planning ratio.

Keywords: Comparative. Metallic Structure. Reinforced Concrete. Budget. Planning.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Etapas da orçamentação	28
Figura 2 - Planta nível inferior	29
Figura 3 - Planta nível superior	30
Figura 4 - Vista da edificação	31
Figura 5 - Tipo de laje	31
Figura 6 - Planta do primeiro pavimento da estrutura em concreto armado.....	34
Figura 7 - Vista 3D da estrutura em concreto armado.....	35
Figura 8 - Planta do primeiro pavimento da estrutura metálica	37
Figura 9 - Vista 3D da estrutura metálica	38
Gráfico 1 - Custo de Mão de Obra em Fundações.....	54
Gráfico 2 - Custo de Material em Fundações	55
Gráfico 3 - Custo Total em Fundações.....	55
Gráfico 4 - Custo de Material em Estruturas	56
Gráfico 5 - Custo Total de Material.....	57
Gráfico 6 - Custo Total de Mão de Obra	57
Gráfico 7 - Custo Total das Edificações	58
Gráfico 8 - Tempo necessário para execução das Edificações.....	59

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Consumo de Concreto	36
Tabela 2 - Consumo de Fôrmas	36
Tabela 3 - Consumo de Aço	37
Tabela 4 - Quantitativos de perfis metálicos	39
Tabela 5 - Quantitativos das fundações na estrutura metálica	39
Tabela 6 – Orçamento 1 das Fundações para a estrutura em concreto arm	41
Tabela 7 - Orçamento 2 das Fundações para a estrutura em concreto arm	42
Tabela 8 - Orçamento 1 da estrutura em concreto armado	42
Tabela 9 - Orçamento 2 da estrutura em concreto armado	43
Tabela 10 - Orçamento final da estrutura em concreto armado	43
Tabela 11 - Tabela de preços dos perfis metálicos laminados	44
Tabela 12 - Orçamento 1 das fundações para a estrutura metálica	45
Tabela 13 - Orçamento 2 das fundações para a estrutura metálica	45
Tabela 14 - Orçamento primário da estrutura metálica	46
Tabela 15 - Orçamento 1 da estrutura metálica	46
Tabela 16 - Orçamento 2 da estrutura metálica	47
Tabela 17 - Orçamento final da estrutura em perfis metálicos	47
Tabela 18 - Planejamento 1 das fundações da estrutura em concreto armado	49
Tabela 19 - Planejamento 2 das fundações da estrutura em concreto armado	50
Tabela 20 - Planejamento 1 da estrutura em concreto armado	50
Tabela 21 - Planejamento 2 da estrutura em concreto armado	51
Tabela 22 - Planejamento 1 das fundações da estrutura metálica	52
Tabela 23 - Planejamento 2 das fundações da estrutura metálica	52
Tabela 24 - Planejamento 1 da estrutura metálica	53
Tabela 25 - Planejamento 2 da estrutura metálica	53

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	JUSTIFICATIVA	16
3	OBJETIVOS	17
	3.1 OBJETIVO GERAL	17
	3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
4	REFERENCIAL TEÓRICO	18
	4.1 CÁLCULO PARA DIMENSIONAMENTO E CONCEPÇÃO ESTRUTURAL.....	18
	4.2 CONCRETO ARMADO	18
	4.3 ESTRUTURA METÁLICA.....	21
	4.4 ORÇAMENTO E PLANEJAMENTO.....	25
5	METODOLOGIA UTILIZADA	29
	5.1 TIPO DE LAJE E FUNDAÇÃO.....	31
	5.2 SOFTWARES UTILIZADOS.....	32
	5.3 LOCAÇÃO DE VIGAS E PILARES	32
	5.4 CARGAS	33
	5.5 ORÇAMENTO E PLANEJAMENTO.....	33
6	DIMENSIONAMENTOS	34
	6.1 ESTRUTURA EM CONCRETO ARMADO	34
	6.2 ESTRUTURA METÁLICA.....	37
7	ELABORAÇÃO DO ORÇAMENTO	40
	7.1 DISPOSIÇÃO DAS PLANILHAS DE ORÇAMENTO.....	40
	7.2 ORÇAMENTO DA ESTRUTURA EM CONCRETO ARMADO	40
	7.2.1 Orçamento das Fundações	40
	7.2.2 Orçamento da Estrutura	42
	7.3 ORÇAMENTO DA ESTRUTURA METÁLICA.....	44
	7.3.1 Orçamento das Fundações	44
	7.3.2 Orçamento da Estrutura	46
8	ELABORAÇÃO DO PLANEJAMENTO	48
	8.1 DISPOSIÇÃO DAS PLANILHAS DE PLANEJAMENTO	48
	8.2 PLANEJAMENTO DA ESTRUTURA EM CONCRETO ARMADO ...	48
	8.3 PLANEJAMENTO DA ESTRUTURA METÁLICA	51
9	RESULTADOS	54
10	CONSIDERAÇÕES FINAIS	60
	REFERÊNCIAS	61

ANEXO 1 – PLANO DE ATAQUE CONCRETO ARMADO	63
ANEXO 2 – PLANO DE ATAQUE ESTRUTURA METÁLICA	64

1 INTRODUÇÃO

No mercado atual da construção civil, o diferencial para empresas se destacarem é em busca de maneiras de ganhar mais dinheiro sem pesar no bolso do cliente, ou seja, no custo da construção. A utilização de métodos alternativos na execução de estruturas, tais como os de estrutura metálica, alvenaria estrutural, estrutura de madeira e concreto protendido, vêm sendo posta em prática por muitas vezes, com o intuito de reduzir os custos finais de uma obra e tentar se equiparar a eficiência do método de concreto armado.

O método do concreto armado já é utilizado a bastante tempo, onde pelo período de 1873, o americano W.E Ward constrói em Nova Iorque o que seria uma das primeiras grandes construções desse modelo estrutural, o Ward's Castle, construção essa que existe até os dias de hoje (CARVALHO e FIGUEIREDO FILHO, 2014). O concreto armado consiste basicamente na junção de dois materiais: O concreto e o aço. O concreto por si só não se adequa como elemento de resistência, pois apesar de ter uma excelente resistência a compressão, não resiste o suficiente à tração, sendo necessária adição de barras de aço para suprir essa carência.

Há várias vantagens na utilização do concreto armado. Segundo Carvalho e Figueiredo Filho (2014), algumas de suas principais vantagens são: Apresenta boa resistência à maioria das solicitações, tem boa trabalhabilidade, as técnicas de execução são razoavelmente dominadas em todo país e é um material durável desde que seja bem executado. Como desvantagens, o concreto armado resulta em elementos com maiores dimensões que o aço, acarretando num peso próprio muito grande, limitando seu uso ou aumentando seu custo em determinadas situações, também as reformas e adaptações são, muitas vezes, de difícil execução.

Segundo Pinheiro (2005), o aço se destaca também como material para a construção de estruturas por inúmeros fatores, sendo eles: A fabricação das estruturas com precisão milimétrica, possibilitando um alto controle de qualidade do produto acabado, a garantia das dimensões e propriedades dos materiais, o material ser resistente a vibrações e choques, a possibilidade de execução de obras mais rápidas e limpas, a facilidade na desmontagem do material e uma alta resistência estrutural, possibilitando a execução de estruturas leves para vencer grandes vãos. Por conta do seu peso total ser consideravelmente mais leve, também há um desconto significativo

de cargas nas suas fundações, sua execução também se torna mais rápida pois não há necessidade de cura e de escoras.

Como desvantagens do aço estrutural, segundo Pinheiro (2005), há limitação de execução em fábrica, em função da distância entre a obra e o local da obra, também há necessidade de tratamento superficial das peças contra oxidação devido ao contato com o ar, e também há a falta de mão de obra especializada, tornando-a mais cara do que a convencional.

O custo do aço é também menos acessível de modo geral, sendo bastante frequente o caso de importar o material de outros estados. O Ceará por exemplo, é bem requisitado por estados vizinhos, e segundo o Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (2017), o estado do Ceará se destaca como o segundo estado brasileiro na exportação de Semimanufaturado de ferro ou aço não ligado, entrando para a lista dos estados brasileiros de maior importância do setor de metal.

Tendo em vista que tanto a estrutura metálica e a de concreto armado têm seus pontos fortes e fracos, é necessário escolher com cautela o tipo de material estrutural para se utilizar em projetos. Num ramo onde a concorrência é acirrada e o lucro está nos detalhes, tem de atentar-se a eles para se beneficiar com excelência de cada material.

2 JUSTIFICATIVA

O presente trabalho tem como justificativa clarear as dúvidas recorrentes do mercado da construção civil a respeito das vantagens e desvantagens entre dois métodos estruturais bastante utilizados no Brasil, que são os de concreto armado e perfis metálicos. A pesquisa tem como foco evidenciar e acrescentar para o debate científico, através dos resultados obtidos, as vantagens e desvantagens, referentes a custo e planejamento, que cada tipo de estrutura oferece.

O tema da pesquisa, além da relevância que um estudo comparativo entre esses dois modelos estruturais causa, abrange áreas extremamente importantes na construção civil, que são os de projeto estrutural, orçamento e planejamento de uma obra. Além de que no cenário atual de constante variação de preços, causado pela pandemia do vírus da COVID-19, é de extrema importância entender o que se busca em uma estrutura, com seus prós e contras, para evitar qualquer prejuízo não previsto, assim, o presente trabalho buscou evidenciar com clareza todos esses pontos.

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

Esse estudo tem como objetivo comparar e analisar o custo e planejamento da edificação a partir do uso de dois métodos estruturais, sendo eles de concreto armado e de perfis metálicos do tipo aço laminado. Será analisado o custo de ambas estruturas em uma obra de âmbito residencial, levando em consideração a mão de obra para execução, o custo do material no estado do Ceará e o tempo necessário para execução das estruturas.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

O objetivo específico desse trabalho se consiste em:

- Dimensionar tanto a estrutura de concreto armado quanto a metálica e retirar todos os quantitativos necessários para elaboração do orçamento e planejamento.
- A criação de planilhas para comparar os valores encontrados no dimensionamento, gerando um orçamento de todos os custos necessários para sua execução e o planejamento adequado e necessário para construir ambas estruturas.
- A criação de um plano de ataque para ambas estruturas para dividir as tarefas encontradas e obter a quantidade de dias totais para executar os dois modelos estruturais.
- Analisar todos os valores encontrados e debater as vantagens e desvantagens apresentadas de cada método estrutural.

4 REFERENCIAL TEÓRICO

4.1 CÁLCULO PARA DIMENSIONAMENTO E CONCEPÇÃO ESTRUTURAL

Como serão abordados ao longo deste trabalho os sistemas estruturais de concreto armado e estrutura metálica, além dos livros, teses e dissertações escolhidas, também serão utilizadas as normas definidas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) para cada estrutura.

4.2 CONCRETO ARMADO

Albuquerque (1999) desenvolveu uma dissertação com o intuito de fornecer alternativas estruturais para edifícios em concreto armado. Segundo o autor, o conceito de estrutura econômica evoluiu ao longo dos anos, onde em um primeiro instante, havia uma preocupação de se trabalhar com as seções mais esbeltas possíveis e que atualmente não é apenas isso.

Segundo Albuquerque (1999), para se avaliar os custos de métodos alternativos estruturais, não se deve levar em consideração somente os consumos de materiais e sim todos os aspectos pertinentes ao processo, tais como mão de obra, tempo de execução, recursos e materiais necessários, e que para uma avaliação mais completa, deve-se fazer também uma análise nas implicações que cada alternativa acarreta nas instalações, alvenarias e tipo de forro.

O autor cita que as atenções para uma estrutura econômica, em concreto armado, estão bastante ligadas para a padronização das fôrmas, que facilita o processo de execução da estrutura e produtividade da mão de obra. O projetista precisa ter uma certa preocupação e experiência quando projetando uma estrutura em concreto armado, a fim de extrair a maior economia possível até mesmo nas fôrmas que serão utilizadas na obra.

Albuquerque (1999) afirma que as fôrmas representam em média 30% no custo da estrutura, ou seja, conclui-se que padronizar é uma excelente forma de gerar mais economia na obra e tornar a estrutura em concreto armado ainda mais viável. Por outro lado, estruturas em perfis metálicas não possuem esse problema já que são

pré-moldadas, porém a padronização das mesmas e a correta utilização dos perfis mais eficientes também é de suma importância para tornar a edificação econômica.

Já para o tipo de laje que pode-se utilizar em estruturas de concreto armado, Albuquerque (1999) fala de diversos tipos que podem ser utilizadas, chamando a atenção também para a vantagens das lajes nervuradas, um modelo já bastante utilizado no país, de fácil execução e que pode ser adotada em obras que visam a economia, pois podem ser lançadas em grandes vãos e são leves, o que por consequência diminuem o custo final da obra.

Brandão (1998), em sua dissertação, buscou abordar a qualidade e durabilidade das estruturas de concreto armado. Brandão aponta que segundo algumas estatísticas publicadas para a época do seu estudo, grande parte dos defeitos verificados nas construções decorrem dos erros de projeto. A vontade de se fazer um projeto o mais econômico possível pode trazer malefícios para a estrutura quando mal pensada e dimensionada. Segundo a autora, as empresas que contratam projetos, muitas vezes, partem do enfoque custo, deixando a qualidade em segundo plano. Para uma comparação estrutural, é importante manter a maior qualidade possível em ambas as estruturas a fim de extrair as melhores características de cada modelo.

Brandão (1998) ressalta que um projeto bem elaborado deve conferir segurança às estruturas e garantir-lhes desempenho satisfatório em serviço, além da aparência aceitável. A autora define qualidade de um produto como a capacidade de atender a determinadas necessidades nas condições de uso previstas, devendo satisfazer a condições de segurança, higiene, conforto, funcionalidade, durabilidade e unir todas essas qualidades a economia.

A autora cita que, na época de seu estudo, o setor construtivo empregava grande quantidade de mão de obra não especializada, ressaltando a possibilidade da teoria de que a indústria da construção civil pode ser considerada como uma esponja social necessária para absorver os trabalhadores que não correspondam aos padrões exigidos pelas indústrias mais sofisticadas. Uma mão de obra pouco qualificada é de fato um grande problema para a execução de obras, alguns métodos estruturais já bastante convencionais podem não sofrer muito com isso, mas métodos menos difundidos e que exigem também conhecimento, como o de estrutura metálica, acabam sofrendo dessa mão de obra não qualificada, dificultando sua entrada de forma mais fervorosa no mercado da construção civil no cenário brasileiro.

Um dos fatores que fazem as pessoas escolherem o uso do concreto armado em suas estruturas, além de seu custo consideravelmente baixo se comparado a outros métodos, é também sua durabilidade, Brandão porém contrapõe que muitas edificações nos dias mais atuais estão aparecendo com problemas patológicos, citando os fatores de erro de projeto e execução como um dos principais para que tais patologias estejam aparecendo com mais frequência.

A autora também enfoca nas condições ambientais para a utilização da melhor estrutura possível, onde alguns ambientes mais agressivos podem deteriorar a estrutura e tornam certos métodos ineficientes ou muito mais caros. As propriedades do ambiente devem ser claramente identificadas para fins de fixação de medidas mínimas de proteção as estruturas. Um perfil metálico, por exemplo, exposto a um ambiente mais agressivo, pode estar mais propenso a se deteriorar do que um elemento de concreto armado, logo deve-se atentar a esses fatores também na hora da escolha do tipo de estrutura, pois o tratamento de um perfil metálico para adequar o mesmo à certas situações, pode aumentar consideravelmente o gasto com a estrutura na obra.

Bastos (2017) também discorre a respeito das propriedades do ambiente, que com base na tabela de agressividade ambiental, o engenheiro deve conhecer o ambiente em que a estrutura será construída, para considerar a condição de gravidade adequada para escolha e dimensionamento da estrutura.

Já a respeito do peso das estruturas para fins comparativos, Carvalho e Figueredo Filho (2014) ressaltam que em uma de concreto armado, depois de pronta, deve pesar algumas toneladas. É conhecido, de fato, de que o peso total gerado por uma estrutura de concreto armado é maior do que a dos perfis metálicos utilizados para fins estruturais, pois apesar do peso específico menor, suas dimensões são geralmente bem maiores do que a em aço estrutural, ou seja, pode-se então haver uma desvantagem aparente no uso de uma estrutura de concreto armado em comparação a de perfis metálico, pois o peso total da estrutura pode ocasionar em um custo maior em fundações.

4.3 ESTRUTURA METÁLICA

Castro (1999) em sua dissertação a respeito de patologias dos edifícios em estrutura metálica, buscou se diferenciar dos demais trabalhos acadêmicos sobre patologias quando escolheu um diferente tipo de estrutura do que as em concreto armado. O autor fez um levantamento dos problemas patológicos que ocorrem nas construções de estruturas metálicas, gerando mais entendimento sobre o tipo de estrutura utilizado.

Castro (1999) cita que o modelo em estrutura metálica não era difundido suficiente entre a população na época do seu estudo, incluindo grande parcela do setor da construção civil, porém vale ressaltar que atualmente tal modelo já é bem mais utilizado e difundido no ramo, porém ainda com carência. Segundo o autor, o que torna o modelo do concreto armado ser bem mais utilizado do que outros modelos, é o fato de que seu aspecto construtivo já é bastante difundido, de fácil aprendizagem, e principalmente, de fácil aquisição. O autor cita o termo “cultura do concreto” para demonstrar o quanto essa cultura de utilização do concreto armado se enraizou, fazendo com que as estruturas de aço ocupem uma parcela menos expressiva das construções.

Segundo Castro (1999), vários são os motivos pelos quais deve-se ressaltar a importância do estudo das patologias e seus processos de ocorrência, vale aqui ressaltar três dos motivos que motivaram o autor a seguir com a pesquisa: A divulgação da “cultura do aço”, condicionar novos métodos construtivos e melhorar a carência de pesquisas e publicações na área de construção metálica que havia na época.

Para um estudo comparativo entre dois métodos estruturais, é importante ressaltar o lado humano na escolha final do tipo de estrutura, onde há o desconhecimento sobre diferentes métodos estruturais por grande parte da população não envolvida no mercado de construção civil. Castro (1999) fala que o homem sempre tende a desconfiar de novas tecnologias, principalmente quando não são muito difundidas por todas as classes sociais e não se tem domínio sobre a área, porém, a partir do momento em que o indivíduo passa a dominar esta tecnologia, ele não somente adota em seu cotidiano como também passa a difundir mais e desenvolver a mesma. O concreto armado ainda é uma linguagem comum a grande maioria dos canteiros de obras, e portanto, é natural que pessoas sintam-se

desconfortáveis a empregar o aço estrutural ou qualquer outro sistema, no lugar do concreto armado.

Castro (1999) surge com uma resposta para a pergunta de qual método estrutural utilizar para as construções civis, que é, basicamente, a de que se deve utilizar qualquer sistema que melhor satisfaça as necessidades de cada um, incluindo diversos outros sistemas estruturais, como madeira, alvenaria estrutural e outros sistemas não convencionais, onde deve-se ser feita uma análise da situação, e um corpo técnico decidir qual o modelo mais eficiente a ser utilizado. Nessa escolha, sempre deve ser levado em conta as vantagens e desvantagens de cada um. O autor finaliza que o fator custo é o mais relevante na hora de se fazer a escolha, mas também pontua que não se pode prender-se única e exclusivamente a ele, e também deixar de utilizar outros possíveis melhores métodos por não saber trabalhar com eles. Há a necessidade também de um entendimento de planejamento, analisando qual estrutura poderá trazer mais vantagens a longo prazo, e também há o fator arquitetônico, que poderá pesar na decisão final do cliente.

Em um contexto histórico, Castro (1999) cita que o principal fator que emperrou o desenvolvimento do aço na construção civil no país, foi a demora na criação das siderúrgicas no território nacional, gerando uma grande dificuldade no fornecimento de perfis metálicos estruturais, que necessitavam então serem importados, fazendo com que o aço se torna-se inviável tanto na parte técnica como na parte econômica para a grande maioria das aplicações na construção civil. O autor cita a construção da capital Brasília, onde mesmo com vários fatores favoráveis ao uso de perfis metálicos estruturais, como a pressa e a disponibilidade de recursos financeiros que havia na época para a construção da cidade, foi preciso importar perfis de aço estrutural para construção de todos os prédios dos ministérios e dois prédios anexos do Congresso. O autor finaliza que até a década de 70, as construções metálicas eram restritas praticamente a instalações industriais e galpões metálicos, onde somente a partir de meados dos anos 80, a estrutura metálica passou a ser utilizada em maior escala no país. Por ser um método consideravelmente recente se comparado ao uso do concreto armado no país, e pelo fato da estrutura metálica ter uma metodologia construtiva própria, esses fatores dificultam até hoje a sua inclusão da melhor forma possível, porém o cenário construtivo vem evoluindo, utilizando-se cada vez mais do aço como sistema construtivo estrutural.

Castro (1999), explica que apesar do Brasil ser, na época, um dos maiores exportadores mundiais de aço, o preço da estrutura ainda é mais caro do que a de concreto, e que, o maior entrave para uma maior penetração do aço ainda estava em seu elevado custo diante do concreto. O autor define a maior vantagem da utilização da estrutura metálica como sendo a grande redução de prazos de construções, onde automaticamente implica em um maior desembolso por parte dos agentes financiadores, já que será desembolsada uma quantia um pouco maior, porém em menos tempo. O autor reforça a ideia de que para a utilização do aço estrutural, é necessário um maior nível de qualificação de mão de obra e demais pessoas que trabalham com essa tecnologia, pelo fato de que a própria concepção do projeto em aço é diferente da usual em concreto armado.

Por fim, o autor explica que a necessidade de se fazer um estudo envolvendo as diferenças básicas entre as estruturas de aço e as de concreto armado se deve ao fato de ambos os materiais apresentarem propriedades e características distintas, porém para fins parecidos. O autor da dissertação, ao citar as características individuais de cada elemento, explica que o concreto armado é um material moldável, assumindo qualquer forma o foi dimensionado, fornecendo maior liberdade aos projetistas, citando a cidade de Brasília onde o arquiteto Oscar Niemeyer explorou essas características do concreto armado, já a estrutura em perfis metálicos é de certa forma limitante em termos de criatividade, porém tem a vantagem de apresentar um novo material de funções estruturais com grande potencial estético.

Hermsdorff (2005), em sua dissertação, trouxe uma avaliação pós-ocupacional de um conjunto ocupacional não muito usual, pois o mesmo foi feito em estrutura metálica. O trabalho de Hermsdorff buscou levantar a satisfação do usuário de forma geral para a habitação. A autora, ao citar as características do aço, defendendo seu uso em zonas habitacionais, cita ser um material que associa transparência, esbeltez, leveza, grandes vãos livres, garantia de precisão construtiva, redução do canteiro de obra, menos peso da estrutura, rapidez na execução para abrigar com maior rapidez os novos donos, flexibilização do projeto de instalações e equipamentos e menor desperdício de material.

O uso da estrutura metálica para conjuntos ocupacionais, de primeira, pode parecer não muito usual e de pouca eficiência, porém o modelo quebra a ilusão de que estruturas em perfis metálicos só são viáveis economicamente para projetos de mercado que visam o lucro o quanto antes, atingir a classe menos favorecida da

população é de suma importância para a fixação do modelo de aço estrutural a ser um concorrente acirrado do modelo de concreto armado, que é visto como o mais eficiente economicamente. Outro bom fator para a utilização do modelo em perfil metálico para conjuntos habitacionais, segundo a autora, é a opção de operação e manutenção compatível ao poder aquisitivo do usuário da zona habitacional, já que perfis metálicos possuem uma facilidade maior de manutenção. Outro fator que Hermsdorff (2005) cita é de que a estrutura de aço se adequa a solos e terrenos irregulares, possibilitando não só a implantação de elementos habitacionais, mas também se adequando ao suprimento das necessidades de equipamentos e serviços urbanos.

Entretanto, Hermsdorff (2005) cita que a utilização de estruturas de aço em prédios habitacionais esbarra em alguns fatores inibidores, tais como a resistência cultural e o desconhecimento, que havia na época no qual o estudo foi escrito, do material pelo empreendedor, todos os envolvidos em sua projeção e execução, e até mesmo o comprador e usuário.

A análise feita foi por Hermsdorff (2005) foi do conjunto habitacional “Oswaldo Barbosa Penna II”, que está localizado em Belo Horizonte, Minas Gerais. No questionário feito aos moradores do local, foi perguntado se estes já possuíam informações em relação ao sistema estrutural em aço, ou até mesmo se já teriam observado essa tecnologia em outros edifícios. O resultado foi de que 74% da população não conhecia o sistema estrutural em aço antes da reunião, 22% não teria sido informada sobre a estrutura metálica durante as primeiras reuniões, percebendo a diferença somente ao entrar no canteiro de obras, os outros 4% não souberam responder. Baseado nisso e no que foi debatido anteriormente, há de fato uma falta de conhecimento sobre métodos alternativos estruturais no Brasil, onde o concreto armado é o amplamente difundido. Essa falta de conhecimento impacta diretamente na qualidade e quantidade de mão de obra, que necessita ser qualificada para execução de sua estrutura.

Segundo Pinheiro (2005), os aços estruturais são fabricados conforme as características mecânicas e/ou químicas desejáveis no produto final. A escolha do tipo de aço a ser utilizado em uma estrutura será determinante no dimensionamento dos elementos que a compõem. Por ser feito sob demanda, o aço estrutural evita os tipos de erros que uma estrutura de concreto armado possa ter, já que sendo moldadas em obra, existe uma série de fatores que podem prejudicar o desempenho da estrutura

caso não executadas corretamente, como a montagem de forma, concretagem dos elementos e cura do concreto.

Pfeil (2009) cita os dois tipos de aços estruturais, dividindo-os em aço-carbono e aço de baixa liga, onde os dois tipos podem receber tratamentos térmicos que modificam suas propriedades mecânicas.

4.4 ORÇAMENTO E PLANEJAMENTO

Segundo Mattos (2006), a estimativa dos custos é basicamente um exercício de previsão. Muitos são os itens que influenciam e contribuem para o custo de um empreendimento. A técnica orçamentária envolve a identificação, descrição, quantificação, análise e valorização de uma série de itens.

Parga (2003) fala que distinguimos cinco grupos distintos: os custos diretos, os custos indiretos, os custos acessórios, o lucro e a correção monetária, e todos eles estão ligados de alguma forma. Para se analisar e comparar dois tipos de estruturas diferentes, é necessário não só analisar os custos diretos, mas também todos os outros custos envolvidos, assim como possíveis economias e ganhos que cada método pode trazer para a obra.

Knolseisen (2003), ao falar sobre apuração de custos e orçamento, cita que tais atos já eram empregados pelos povos antigos do Egito e da Mesopotâmia, pois a necessidade do registro de dados contábeis existe desde o tempo em que os povos passaram a negociar nos mercados de troca. A autora adiciona que porém, foi a partir da revolução industrial que a contabilidade de custos teve estimulada sua origem e evolução, onde as empresas deixaram de operar unicamente com a comercialização de mercadorias e passaram a adquirir e transformar matéria-prima, passando a ter funções relevantes no auxílio ao controle gerencial e na tomada de decisões. A demanda por um sistema contábil vem sendo muito mais recente, há atualmente uma necessidade muito maior de controle absoluto de gastos, para assim maximizar de melhor forma possível os lucros pessoais e empresariais. A autora cita que, antigamente, a análise de caixa era suficiente para determinar se um empreendimento havia sido bem ou mal sucedido, hoje em dia existem vários outros fatores que definem isso, até porquê o caixa atual pode não influir de forma direta no caixa futuro,

alguns negócios optam por um investimento maior e abdicam do lucro atual para investir e colher os frutos futuramente.

A autora afirma que para a obtenção de um orçamento discriminado de uma obra, deve-se ter todos os subsídios necessários relativos ao projeto, que são, o conjunto das plantas arquitetônicas, estruturais e instalações, as especificações relativas à obra, prazo de execução, disponibilidade de recursos pessoais, equipamentos e ferramentas. Pode-se concluir que para a criação de orçamentos discriminados para comparação entre duas ou mais obras, analisar apenas o custo de forma simples e superficial pode gerar resultados completamente diferentes dos reais.

Segundo Knolseisen (2003), determinar custos de bens e serviços, procurar medidas para reduzir o seu valor e analisar as várias decisões tomadas pelas empresas, eram questões que sempre eram discutidas no ramo empresarial e acadêmico, não só no ramo da construção civil, mas qualquer outro ramo e empresa interessada cada vez mais em competitividade e qualidade em seus serviços, no tempo em que foi escrito o estudo. A autora afirma que no setor da construção civil, existia uma negatividade no controle de custos, pois havia uma falta de conformidade no sistema de custeio, havendo uma variação grande entre os custos orçados e os custos reais de obra. Porém, a autora afirma que quando se questiona a gestão de custos de obras relacionadas com a construção civil, torna-se indispensável o conhecimento sobre a contabilidade gerencial, visto que é uma disciplina ligada à área das ciências contábeis que aborda a discussão sobre o papel gerencial do sistema de custos.

De acordo com Kaplan e Cooper (1998), conforme citado por Knolseisen (2003), foi com os engenheiros tayloristas que surgiram as primeiras técnicas de custeio, quando afirmaram que o controle dos custos seria uma das formas utilizadas para o aumento da lucratividade e produtividade das empresas. Os autores afirmam, que ainda nesse período, surgiram os sistemas padrões de custos que indicavam variações de custo ao comparar os resultados reais com os padrões predeterminados, também apontando se os funcionários estavam seguindo os procedimentos prescritos.

Ao realizar um estudo comparativo de custo, é importante entender como classificar o custo primeiramente, Knolseisen (2003), cita Antunes (1998) e disserta que há duas maneiras de classificar os custos, sendo elas em relação ao volume de produção e a facilidade de alocação dos produtos. De acordo com o volume de produção, há o custo fixo, variável e custo semivariável. Já em relação à facilidade de

alocação dos produtos, os custos podem ser classificados apenas como custos diretos e indiretos.

A autora traz a ideia do elo entre orçamento e planejamento, ambos extremamente importantes para a elaboração de uma comparação entre duas estruturas com características próprias e distintas entre si. Knolseisen (2003) cita que tanto o planejamento quanto o orçamento são fases consecutivas de um mesmo processo gerencial, onde enquanto a fase de planejamento contempla o processo de decisão quando são definidos os programas, as metas, os objetivos a serem atingidos e os resultados desejados, o orçamento considera os insumos e os custos atribuídos aos processos e aos produtos. A autora cita também que planejamento é o processo em que são utilizadas técnicas científicas, visando aumentar a eficiência, a racionalidade e a segurança através de previsões, programação, execução, coordenação e controle dos resultados, para atingir o objetivo traçado.

É defendido pela autora, ao longo do seu estudo, o uso e vantagens do orçamento. Knolseisen (2003) cita que o orçamento é considerado uma peça básica no planejamento, controle e programação de obras da construção civil, e é utilizada para estabelecer e divulgar metas a serem cumpridas, onde a partir do orçamento é possível efetuar o levantamento de materiais e dos serviços utilizados, analisar a viabilidade econômica-financeira, assim como cronogramas físicos e execução de obra, ter conhecimento do número de operários na obra e realizar um acompanhamento sistemático da aplicação da mão de obra e materiais para cada etapa das atividades executadas.

Para Mattos (2006), a orçamentação de uma obra engloba três grandes etapas de trabalho: estudo das condicionantes, composição de custos e determinação do preço. Primeiro, estudam-se os documentos disponíveis, realizando, quando possível, visitas de campo. Em seguida, monta-se o custo, que é proveniente das definições técnicas, do plano de ataque da obra, dos quantitativos dos serviços, produtividade, cotação de preço e insumos. Por fim, o autor conclui que é somado tudo isso ao custo indireto, aplicando os impostos e a margem de lucratividade desejada.

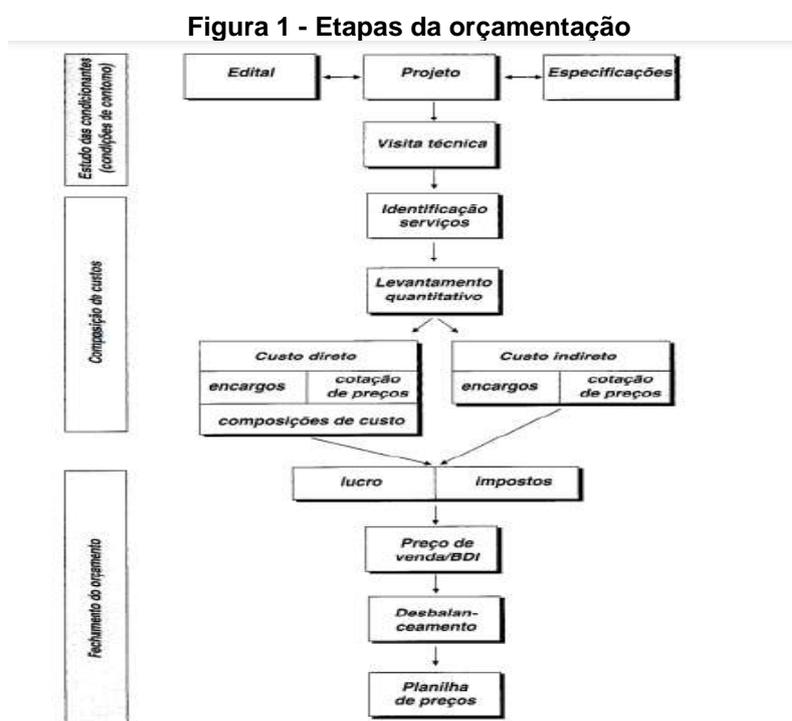
Para uma estudo comparativo de custo e planejamento eficiente, é necessário o entendimento das composições de custo. Mattos (2006) discorre que para a composição de custos, é necessário primeiro identificar todos os serviços necessários integrantes da obra escolhida. Após completa identificação, deve-se então ser feito o

levantamento de quantitativos, onde cada serviço precisa ser quantificado. Esse levantamento é uma das principais tarefas do orçamentista da obra, segundo o autor. Mattos (2006) reforça que um pequeno erro de contas pode gerar um erro de enormes proporções e consequências grandes.

Após o levantamento, deve então ser feita a discriminação dos custos diretos e indiretos da obra, onde devem ser referenciados em alguma unidade de serviço para sua contagem, e cada composição de custos unitários deve conter os insumos de serviços com seus respectivos índices.

Por fim, Mattos (2006) conclui que para a composição de custos, deve-se realizar uma coleta de preços de mercado para todos os insumos necessários da obra, tanto para os que aparecem no custo direto, quanto indireto. Após a realização da soma de todos os custos de todos os insumos, o autor cita que então deve-se calcular os todos encargos sociais e trabalhistas, e por fim definir a lucratividade da obra.

Para a lucratividade, Mattos (2006) cita que o construtor deve definir a porcentagem de lucratividade que deseja obter na obra em questão, deve-se levar em conta fatores como a concorrência, risco de empreendimento e necessidade de conquistar aquela obra. O autor resume as etapas da orçamentação no fluxograma abaixo.



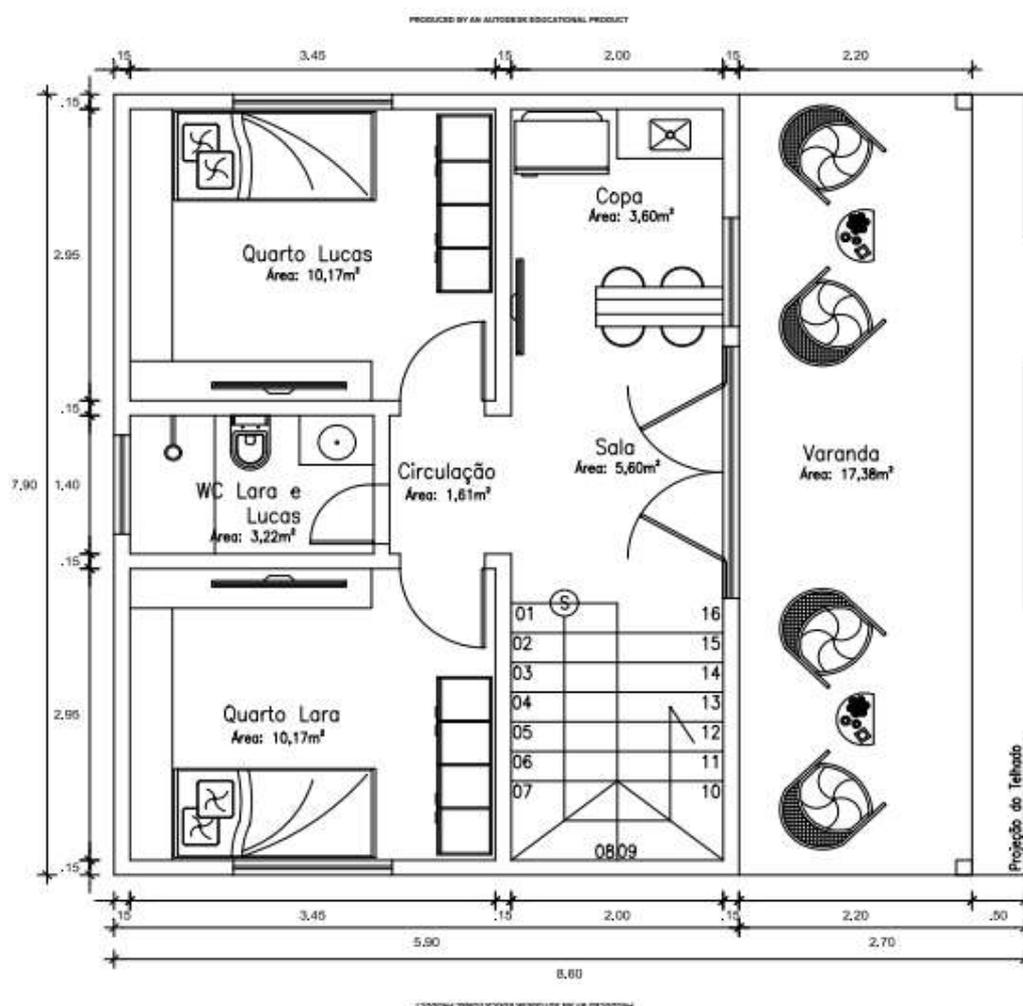
Fonte: Mattos (2006).

5 METODOLOGIA UTILIZADA

A abordagem que este estudo assume e propõe é do tipo quantitativa, pois ele busca dimensionar dois tipos diferentes de estrutura em uma obra residencial, para então comparar o resultado obtido nos cálculos. Os dados de cota referentes a edificação utilizada serão extraídos das plantas apresentadas a seguir.

A planta abaixo é referente ao nível térreo da edificação que será utilizada para o comparativo de orçamento e planejamento. A parte interna da planta térreo é composta por dois quartos, com $10,17\text{m}^2$ cada, um WC de $3,22\text{m}^2$, uma área de circulação de $1,51\text{m}^2$, uma copa de $3,60\text{m}^2$, uma sala de $5,60\text{m}^2$ e uma escada de acesso ao pavimento superior.

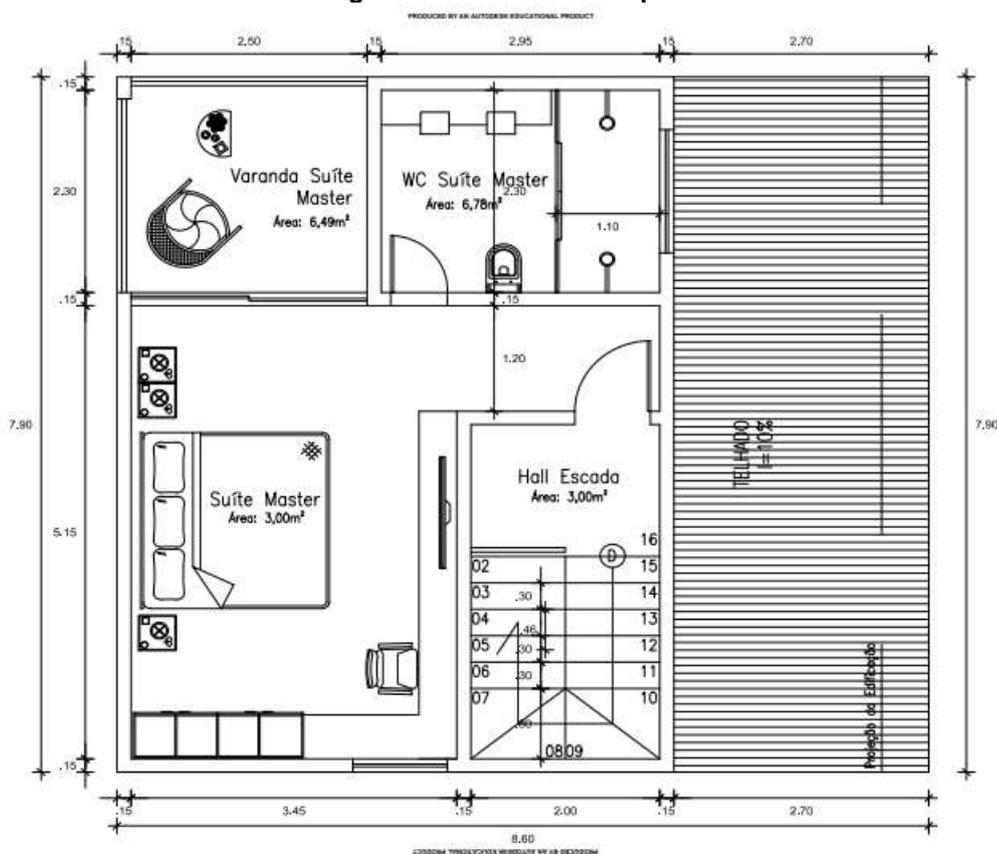
Figura 2 - Planta nível inferior



Fonte: Elaborado pelo autor.

Já a planta de nível superior, como é demonstrada na figura abaixo, é composta pela suíte master com área de 3,00m², um WC para a suíte de 6,78m², uma varanda de 6,49m², um hall com acesso a escada de 3,00m² e a escada com acesso ao pavimento térreo.

Figura 3 - Planta nível superior



Fonte: Elaborado pelo autor.

A figura abaixo retrata como seria a edificação, que será utilizada para realizar o comparativo, vista em 3D, feita através do software Revit.

Figura 4 - Vista da edificação



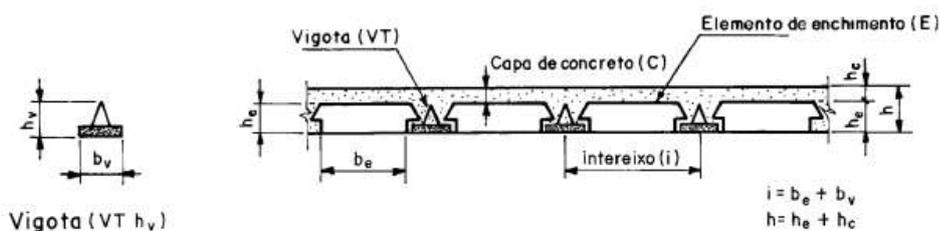
Fonte: Elaborado pelo autor.

Antes de entrar na parte de dimensionamento, orçamento e planejamento do trabalho, é importante informar as decisões que foram tomadas para a elaboração de ambas estruturas.

5.1 TIPO DE LAJE E FUNDAÇÃO

Para fins comparativos, foi escolhido apenas um tipo de laje para as duas estruturas, pois o estudo buscou manter uma padronização nas cargas que chegam as vigas e são transmitidas ao restante das edificações. O tipo de laje que foi utilizado para as estruturas foi a do tipo pré-moldado de vigota treliçada, conforme ilustra a figura abaixo. A disposição da direção das vigotas também foi a mesma.

Figura 5 - Tipo de laje



Fonte: NBR 14859-1:2002

Porém, é válido ressaltar que o método estrutural em aço é bastante utilizado também com outros tipos de lajes que não são muitos comuns ao método em concreto armado, como é o caso da laje mista do tipo steel deck. O uso desse tipo de laje pode aumentar a eficiência geral da estrutura em perfil metálico, porém não será tratada nesse trabalho, pois o trabalho buscou isolar algumas variáveis para a obtenção dos resultados.

Já para o tipo de fundação, foi utilizada também para ambas as estruturas a fundação do tipo sapata, considerando que o solo no qual a estrutura se apoia possui resistência suficiente para receber as cargas provenientes dos pilares. Por se tratarem de estruturas com pesos diferentes, as diferenças no dimensionamento da estrutura também foram consideradas para a elaboração do orçamento e planejamento de cada estrutura e serão evidenciadas.

5.2 SOFTWARES UTILIZADOS

Os softwares utilizados para modelagem e dimensionamento da estrutura foram o TQS, para a estrutura em concreto armado, e o CYPE3D, para dimensionamento da estrutura em aço estrutural. Após dimensionamento, os próprios softwares fornecem os quantitativos necessários para elaboração das etapas de orçamento e planejamento das estruturas.

Para elaboração das etapas posteriores ao dimensionamento, foi utilizado o software Excel, onde foram criadas planilhas referentes ao orçamento e planejamento de cada uma das estruturas.

5.3 LOCAÇÃO DE VIGAS E PILARES

Sabe-se que a locação de pilares e vigas em uma estrutura depende da capacidade de reconhecimento do projetista, para então eliminar essa variável do comparativo entre a estrutura em concreto armado e perfil metálico, foi decidido que a locação em ambas as estruturas será a mesma, tanto para pilares, quanto vigas e lajes.

Outro fator que não entrará no comparativo da estrutura, para manter um comparativo mais simples e adequado, é o fator escada e vigas baldrame.

As vigas baldrames, por suportarem, teoricamente, apenas a carga das alvenarias e revestimentos, os valores de dimensionamento em ambas estruturas serão bastante próximos, logo optou-se por remove-las também do comparativo orçamentário e de planejamento, onde os valores adquiridos pelo TQS para vigas baldrames foram removidos das planilhas, já no cype3D foram consideradas apenas as cargas oriundas das vigas baldrames para pilares e fundação. Porém, é importante ressaltar que considerando apenas as cargas das vigas baldrames para o dimensionamento da estrutura metálica, pode-se superdimensionar levemente sua estrutura, pois não é considerada a estabilidade que as vigas baldrames de concreto armado podem trazer para a edificação.

Para as escadas, assim como os diferentes tipos de laje, a estrutura em perfil metálico pode possivelmente se adequar melhor a escadas metálicas, e como o objetivo do dimensionamento é deixar as estruturas as mais semelhantes possíveis, e devido a limitação contida no estudo no software Cype3D em trabalhar com escada e vigas em concreto armado, optou-se por não trabalhar com os mesmos no comparativo.

5.4 CARGAS

Todas as cargas foram calculadas manualmente conforme os valores fornecidos pela NBR 6120 de 2019, como a de cobertura, alvenarias, sobrecargas, etc. A de caixa d'água foi calculada baseada num volume de 2500 litros. As únicas cargas que não foram calculadas manualmente foram as de peso próprio, que são fornecidas automaticamente pelos próprios softwares. As cargas foram aplicadas igualmente nas duas edificações.

5.5 ORÇAMENTO E PLANEJAMENTO

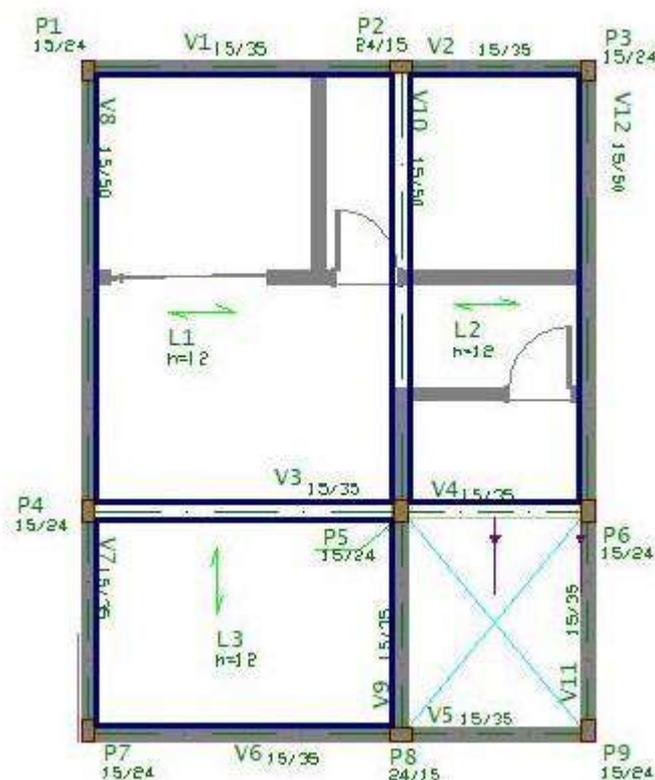
Para o orçamento e planejamento do comparativo, usou-se como base para retirada de preços e horas necessárias para execução do serviço, a tabela de custos de número 026 do tipo sem desoneração da Secretaria de Infraestrutura do Estado do Ceará (SEINFRA).

6 DIMENSIONAMENTOS

6.1 ESTRUTURA EM CONCRETO ARMADO

Visando uma estrutura econômica e seguindo as normas da ABNT NBR 6118:2014 de área mínima para pilares de 360cm^2 , as seções de todos os pilares foram de 15×24 , mudando apenas a direção de alguns, já a seção das vigas variaram entre 15×50 para o maior vão e 15×35 para o restante, conforme mostra a planta abaixo referente ao primeiro pavimento.

Figura 6 - Planta do primeiro pavimento da estrutura em concreto armado



Fonte: Elaborado pelo autor.

A locação de pilares e vigas foi a mesma para o restante dos pavimentos, já para as lajes, foi-se adicionada no pavimento do forro na região da escada uma laje, para fechamento do forro. A vista a seguir mostra como ficou o resultado final da edificação em concreto armado.

Figura 7 - Vista 3D da estrutura em concreto armado



Fonte: Elaborado pelo autor.

Após o término e ajuste do dimensionamento, o software TQS disponibilizou todos os quantitativos utilizados na estrutura. Vale lembrar que os quantitativos fornecidos para a laje e vigas baldrame serão excluídos para as duas edificações.

Seguem abaixo as tabelas de consumo de concreto, aço e forma fornecidas pelo software. Foram utilizadas apenas as tabelas necessárias para continuação do estudo comparativo entre a estrutura de concreto armado e a de perfil metálico.

A tabela a seguir, retirada do software da TQS, fornece os quantitativos de consumo de concreto para a elaboração de todo orçamento e planejamento da estrutura que envolve o consumo de concreto, como a concretagem das fundações e estrutura. O valor de consumo de concreto das lajes será desconsiderado.

Tabela 1 - Consumo de Concreto

Consumo de concreto e fôrmas

Pavimento	Concreto (m3)				
	Pilares	Vigas	Lajes	Fundações	Outros
Forro	0.97	2.32	2.50	0.00	0.00
1 Pavimento	0.97	2.32	2.19	0.00	0.00
Terreo	0.49	2.57	0.00	0.00	0.00
Fundação	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sapatas/Blocos	0.0	0.0	0.0	4.6	0.0
TOTAL	2.43	7.21	4.69	4.61	0.00

Fonte: Elaborado pelo autor.

Já a tabela abaixo refere-se ao consumo de fôrmas referente a toda estrutura em concreto armado, todos esses valores referentes à pilares, vigas e fundações será utilizado para realização das planilhas.

Tabela 2 - Consumo de Fôrmas

Pavimento	Fôrmas (m2)				
	Pilares	Vigas	Lajes	Fundações	Outros
Forro	21.06	30.54	0.00	0.00	0.00
1 Pavimento	21.06	31.58	0.00	0.00	0.00
Terreo	10.53	40.66	0.00	0.00	0.00
Fundação	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sapatas/Blocos	0.0	0.0	0.0	13.4	0.0
TOTAL	52.65	102.77	0.00	13.44	0.00

Fonte: Elaborado pelo autor.

Por fim, a tabela logo abaixo, é referente a todo o consumo de aço presente na estrutura, onde foi tirado o quantitativo na unidade quilograma, somando-se o peso de todas as barras utilizadas, presente em pilares, sapatas e vigas do 1 pavimento e pavimento forro, referentes à estrutura dimensionada em concreto armado.

Tabela 3 - Consumo de Aço

Consumo de aço

Pasta	Aço (kgf)				
	Pilares	Vigas	Lajes	Fundações	Outros
FUNDAC	0	0		239	0
Forro	110	136		0	0
1 Pavimento	126	191		0	60
Terreo	95	137		0	0
TOTAL	331	464		239	60

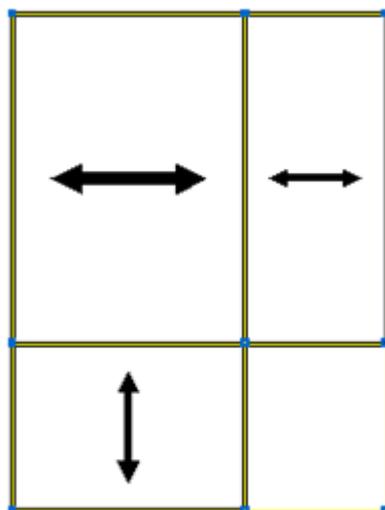
Fonte: Elaborado pelo autor.

6.2 ESTRUTURA METÁLICA

Seguindo os mesmos padrões de dimensionamento da estrutura em concreto armado, foi-se dimensionada a estrutura em perfis metálicos através do software de dimensionamento CYPE3D. Foi configurado o software de acordo com o que pede a norma ABNT NBR 8800 de 2008.

Com a mesma locação de pilares, vigas e lajes, como mencionado previamente, o resultado da planta em perfil metálico da estrutura foi a demonstrada abaixo, onde, os pontos azuis são referentes aos pilares, os em laranja e amarelo às vigas e as setas referentes à disposição das lajes.

Figura 8 - Planta do primeiro pavimento da estrutura metálica

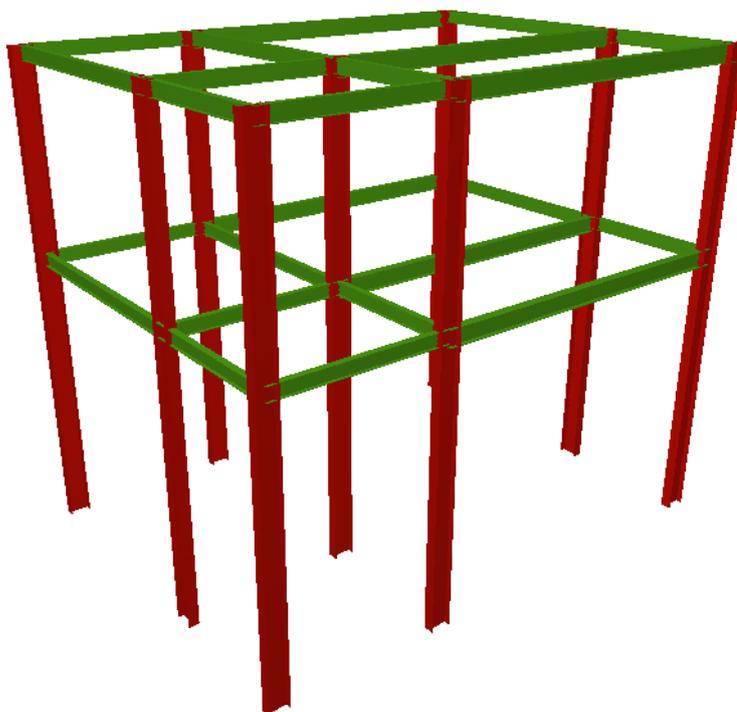


Fonte: Elaborado pelo autor.

A locação de vigas e pilares também seguiu padronizada para o restante dos pavimentos, menos para as vigas baldrames. Já a laje também segue padronizada em relação à em concreto armado, onde no pavimento forro, há uma laje adicional para fechamento do teto na região onde há a escada.

A carga da laje treliçada da estrutura foi gerada a partir dos panos de cargas fornecidos pelo software do CYPE3D, onde foi posta toda carga gerada pela laje, alvenarias, caixa d'água e cobertura. O pano de carga disposto como laje não é visível no modelo tridimensional. A vista a seguir mostrará como ficou a locação de vigas e pilares.

Figura 9 - Vista 3D da estrutura metálica



Fonte: Elaborado pelo autor.

Após o término e ajuste do dimensionamento da estrutura metálica, o software CYPE3D forneceu todos os quantitativos necessários para elaboração do orçamento e planejamento da estrutura. Seguem abaixo as tabelas informando os perfis utilizados, sua quantidade e os quantitativos das fundações.

A tabela 4 é referente aos valores retirados do software de quantidade dos perfis metálicos utilizados para a estrutura, na unidade metro.

Tabela 4 - Quantitativos de perfis metálicos

1.1.1.3.- Quantitativos de superfícies

Aço laminado: Quantitativos das superfícies a pintar				
Série	Perfil	Superfície unitária (m ² /m)	Comprimento (m)	Superfície (m ²)
I	W 310 x 44.5	1.277	67.500	86.184
	W 200 x 22.5	0.808	51.372	41.488
	W 250 x 32.7	1.088	31.428	34.187
Total				161.859

Fonte: Elaborado pelo autor.

Já a tabela 5, é referente aos quantitativos fornecidos pelo software referentes a fundação utilizada para a estrutura metálica, com os valores referentes ao consumo de aço em quilogramas e o consumo de concreto em metros cúbicos, conforme demonstra a tabela abaixo.

Tabela 5 - Quantitativos das fundações na estrutura metálica

Resumo de medição (incluindo perdas de aço)

Elemento	CA-50 (kg)		Concreto (m ³)	
	Ø10	C25, em geral	Limpeza	
Referências: N36, N35, N34, N33 e N28	5x5.32	5x0.26	5x0.07	
Referências: N31, N32, N29 e N30	4x9.56	4x0.47	4x0.13	
Totais	64.84	3.20	0.89	

Fonte: Elaborado pelo autor.

O Software do Cype3D não forneceu a quantidade de m² de fôrma que será utilizado na execução das sapatas da estrutura, logo o cálculo foi feito de forma manual e foi encontrado o valor de 14,16m². Tal valor foi encontrado após a soma dos valores de multiplicação do perímetro de todas as sapatas pela altura das mesmas.

7 ELABORAÇÃO DO ORÇAMENTO

7.1 DISPOSIÇÃO DAS PLANILHAS DE ORÇAMENTO

Para elaborar as planilhas de orçamento tanto para a estrutura em aço quanto para de concreto armado, foram divididas as colunas com os seguintes tópicos:

1. Código do Produto retirado da tabela da SEINFRA.
2. Descrição da etapa a ser executada.
3. Tipo de unidade da etapa a ser orçada.
4. A quantidade daquela unidade, que foi gerada e fornecida na etapa de dimensionamento das estruturas de concreto armado e aço estrutural.
5. Preço Unitário do Material fornecido pelo código da SEINFRA.
6. Preço Unitário da Mão de Obra fornecido pelo código da SEINFRA.
7. Valor Total do Material (Preço unitário correspondente multiplicado pela quantidade do processo).
8. Valor Total da Mão de Obra (Preço unitário correspondente multiplicado pela quantidade do processo).
9. Valor Total, ou seja, a somatório do valor total de material e do valor total de mão de obra para execução daquela etapa.

Para alguns itens como os tipos de perfis em aço laminado utilizado para a estrutura metálica, foi feita uma pesquisa de mercado e utilizado o valor do material fornecido pela empresa escolhida. Esse valor foi adequado dentro dos valores fornecidos pela tabela da SEINFRA, substituindo apenas o custo do material e mantendo as demais bases orçamentárias.

7.2 ORÇAMENTO DA ESTRUTURA EM CONCRETO ARMADO

7.2.1 Orçamento das Fundações

Seguem abaixo as tabelas referentes ao processo de elaboração do orçamento das fundações das estruturas em concreto armado.

A tabela 6, presente logo abaixo, é referente à descrição das atividades exercidas para execução das fundações, seguindo pela quantidade necessária

calculada previamente com sua respectiva unidade. O item 1.1 referente à escavação e o item 1.7 referente ao aterro das fundações foram calculados manualmente. A quantidade necessária para escavação foi dada pela soma dos valores referentes à multiplicação das seções da sapata pela altura das sapatas mais a camada de lastro de concreto de 5 centímetros. A quantidade necessária para realização do aterro das fundações se deu pela diferença da quantidade, em metros cúbicos, achado da escavação pela quantidade de lastro de concreto e concretagem das sapatas.

Tabela 6 – Orçamento 1 das Fundações para a estrutura em concreto armado

Item	Código	Descrição	Unidade	Quantidade
1		Fundações		
1.1	C1256	Escavação	m³	
1.1.1		Escavação TOTAL	m ³	8,34
1.2	C1609	Lastro de Concreto		
1.2.1		Lastro de Concreto TOTAL	m ³	0,397
1.3	C4282	Fôrma		
1.3.1		Forma para Fundação Fabricação + Montagem	m ²	13,44
1.4	C4151	Armadura		
1.4.1		Armadura necessária para Fundações	kg	239
1.5	C0850+C16	Concretagem		
1.5.1		Concretagem necessária para Fundações	m ³	4,61
1.6	C4282	Desforma		
1.6.1		Desforma necessária para fundações	m ²	13,44
1.7	C2921	Aterro		
1.7		Aterro para cobrir fundações	m ³	3,33

Fonte: Elaborado pelo autor.

Já a tabela 7 é referente a multiplicação dos valores retirados da tabela da SEINFRA de preço unitário de material e mão de obra, multiplicados pelos quantitativos presentes na tabela 6, referentes ao mesmo item.

Somando-se os valores totais encontrados referentes a cada atividade da tabela abaixo, tem-se o valor final de R\$ 5.945,93. Esse valor é referente à quantidade total necessária para execução de todo o processo das fundações da edificação em concreto armado.

Tabela 7 - Orçamento 2 das Fundações para a estrutura em concreto armado

Item	Preço Unit. Material	Preço Unit. Mão de Obra	Total Material	Total Mão de Obra	Valor Total
1					
1.1					
1.1.1	R\$ -	R\$ 43,25	R\$ -	R\$ 360,55	R\$ 360,55
1.2					
1.2.1	R\$ 204,18	R\$ 276,36	R\$ 81,06	R\$ 109,71	R\$ 190,78
1.3					
1.3.1	R\$ 46,20	R\$ 27,29	R\$ 620,88	R\$ 366,71	R\$ 987,59
1.4					
1.4.1	R\$ 5,95	R\$ 2,91	R\$ 1.421,50	R\$ 695,59	R\$ 2.117,09
1.5					
1.5.1	R\$ 270,30	R\$ 128,76	R\$ 1.246,08	R\$ 593,58	R\$ 1.839,67
1.6					
1.6.1	R\$ -	R\$ 27,29	R\$ -	R\$ 366,71	R\$ 366,71
1.7					
1.7	R\$ -	R\$ 25,09	R\$ -	R\$ 83,56	R\$ 83,56

Fonte: Elaborado pelo autor.

7.2.2 Orçamento da Estrutura

A tabela 8 é referente às atividades exercidas para execução da edificação em concreto armado. Todas as quantidades abaixo foram fornecidas pelo software TQS, mostrados anteriormente.

Tabela 8 - Orçamento 1 da estrutura em concreto armado

Item	Código	Descrição	Unidade	Quantidade
2		Estrutura		
2.1	C4282	Formas		
2.1.1		TÉRREO	m ²	10,53
2.1.2		1º PAVIMENTO	m ²	52,64
2.1.3		FORRO	m ²	51,6
2.2	C4151	Armaduras		
2.2.1		TÉRREO	kg	95
2.2.2		1º PAVIMENTO	kg	317
2.2.3		FORRO	kg	246
2.3		Concretagem		
2.3.1	C1604+C08	TÉRREO	m ³	0,49
2.3.2	C1603+C08	1º PAVIMENTO	m ³	3,29
2.3.3	C1603+C08	FORRO	m ³	3,29
2.4	C1271	Escoramento		
2.4.1		TÉRREO - 1º PAVIMENTO	m ²	26,74
2.4.2		1º PAVIMENTO - FORRO	m ²	26,74
2.5	C4282	Desforma e retirada das escoras		
2.4.1		TÉRREO	m ²	10,53
2.4.2		1º PAVIMENTO	m ²	52,64
2.4.3		FORRO	m ²	51,6

Fonte: Elaborado pelo autor.

Já a tabela 9 é referente à multiplicação dos preços unitários fornecidos pela tabela de custo de SEINFRA pela quantidade mostrada na tabela anterior. O valor final para execução da estrutura em concreto armado, após somar-se todos os valores totais encontrados da tabela abaixo, é de R\$21.312,75.

Tabela 9 - Orçamento 2 da estrutura em concreto armado

Item	Preço Unit. Material	Preço Unit. Mão de Obra	Total Material	Total Mão de Obra	Valor Total
2					
2.1					
2.1.1	R\$ 46,20	R\$ 27,29	R\$ 486,45	R\$ 287,31	R\$ 773,76
2.1.2	R\$ 46,20	R\$ 27,29	R\$ 2.431,77	R\$ 1.436,28	R\$ 3.868,06
2.1.3	R\$ 46,20	R\$ 27,29	R\$ 2.383,73	R\$ 1.407,91	R\$ 3.791,64
2.2					
2.2.1	R\$ 5,95	R\$ 2,91	R\$ 565,03	R\$ 276,49	R\$ 841,52
2.2.2	R\$ 5,95	R\$ 2,91	R\$ 1.885,42	R\$ 922,60	R\$ 2.808,02
2.2.3	R\$ 5,95	R\$ 2,91	R\$ 1.463,13	R\$ 715,96	R\$ 2.179,09
2.3					
2.3.1	R\$ 270,30	R\$ 128,76	R\$ 132,45	R\$ 63,09	R\$ 195,54
2.3.2	R\$ 270,30	R\$ 218,58	R\$ 889,29	R\$ 719,13	R\$ 1.608,42
2.3.3	R\$ 270,30	R\$ 218,58	R\$ 889,29	R\$ 719,13	R\$ 1.608,42
2.4					
2.4.1	R\$ 8,00	R\$ 1,48	R\$ 213,93	R\$ 39,47	R\$ 253,40
2.4.2	R\$ 8,00	R\$ 1,48	R\$ 213,93	R\$ 39,47	R\$ 253,40
2.5					
2.5.1	R\$ -	R\$ 27,29	R\$ -	R\$ 287,31	R\$ 287,31
2.5.2	R\$ -	R\$ 27,29	R\$ -	R\$ 1.436,28	R\$ 1.436,28
2.5.3	R\$ -	R\$ 27,29	R\$ -	R\$ 1.407,91	R\$ 1.407,91

Fonte: Elaborado pelo autor.

O valor final total e os valores finais de mão de obra e material para execução de toda estrutura mais fundações em concreto armado se encontram na tabela abaixo.

Tabela 10 - Orçamento final da estrutura em concreto armado

	Total Material	Total Mão de Obra	Valor Total
VALOR TOTAL	R\$ 14.923,94	R\$ 12.334,74	R\$ 27.258,68

Fonte: elaborado pelo autor.

Como pode-se observar, o custo final encontrado para executar toda edificação em concreto armado foi de R\$27.258,68.

7.3 ORÇAMENTO DA ESTRUTURA METÁLICA.

Para a elaboração da planilha orçamentária em perfis metálicos, como mencionado anteriormente, foi feita uma pesquisa de mercado para achar os valores correspondentes aos perfis escolhidos no dimensionamento da estrutura, pois a tabela de custo fornecida pelo SEINFRA não fornece os perfis exatos para elaboração do orçamento. Foi decidido utilizar os valores fornecidos pela empresa GERDAU, em uma fornecedora presente em Fortaleza-CE.

É importante ressaltar que os perfis utilizados para o dimensionamento não estavam disponíveis no momento, sendo possível a compra apenas com entrega programada. Tal situação se dá devida a maior escassez e instabilidade econômica devido a pandemia gerada pelo vírus da COVID-19. Também é importante ressaltar que devido a tal acontecimento, os preços dos perfis metálicos em geral podem ter aumentado de forma significativa, comprometendo e alterando os resultados finais do comparativo orçamentário, pois tais valores podem estar mais elevados do que o comum. Segue abaixo a tabela de preços fornecida pela GERDAU.

Tabela 11 - Tabela de preços dos perfis metálicos laminados

Item	Descrição	Qtd.	Qtd. KG	Dt Solicitada	Preço sem IPI	Aliq. ICMS	Aliq. IPI	Carga(ST)	Valor Total	
10	PF I W200X22,5 A572GR50 12M FX4,32T	270,000 KG	270,000 KG	11/11/2020	6,91 BRL/KG	18,00 %	0,00 %	0,00 %	1.864,48 BRL	
Prazo de Pagamento: ZC62-Deb/Cred-Loja CG Conceito										
20	PF I W250X38,5 A572GR50 12M FX4,16T	462,000 KG	462,000 KG	11/11/2020	6,40 BRL/KG	18,00 %	0,00 %	0,00 %	2.958,31 BRL	
Prazo de Pagamento: ZC62-Deb/Cred-Loja CG Conceito										
30	PF I W310X44,5 A572GR50 12M FX4,27T	534,000 KG	534,000 KG	11/11/2020	6,40 BRL/KG	18,00 %	0,00 %	0,00 %	3.419,34 BRL	
Prazo de Pagamento: ZC62-Deb/Cred-Loja CG Conceito										
		TOTAL KG	1.266,000 KG							
									TOTAL	8.242,13 BRL

Fonte: GERDAU (2020).

7.3.1 Orçamento das Fundações

Segue abaixo o orçamento referente as fundações para as estruturas metálicas. Por se tratar de uma estrutura com cargas diferentes em relação a outra, as dimensões encontradas para esse tipo estrutura foram também distintas.

A tabela 12 é referente às quantidades encontradas tanto manualmente, como a de escavação e aterro para as fundações calculadas seguindo o mesmo método

demonstrado para o orçamento em concreto armado, quanto os valores fornecidos pelo software CYPE3D.

Tabela 12 - Orçamento 1 das fundações para a estrutura metálica

Item	Código	Descrição	Unidade	Quantidade
1		Fundações		
1.1	C1256	Escavação	m ³	
1.1.1		Escavação TOTAL	m ³	5,79
1.2	C1609	Lastro de Concreto		
1.2.1		Lastro de Concreto TOTAL	m ³	0,445
1.3	C4282	Forma		
1.3.1		Forma para Fundação Fabricação + Montagem	m ²	14,16
1.4	C4151	Armadura		
1.4.1		Armadura necessária para Fundações	kg	64,84
1.5	C0850+C16	Concretagem		
1.5.1		Concretagem necessária para Fundações	m ³	3,2
1.6	C4282	Desforma		
1.6.1		Desforma necessária para fundações	m ²	14,16
1.7	C2921	Aterro		
1.7		Aterro para cobrir fundações	m ³	2,14

Fonte: Elaborado pelo autor.

Já a tabela 13 logo abaixo é referente à multiplicação dos valores das quantidades fornecidas na tabela 12 com os valores dos preços unitários fornecidos pela SEINFRA. Somando-se todos os valores totais encontrados referentes a cada atividade, encontra-se o valor final de R\$3.796,09 para execução das fundações.

Tabela 13 - Orçamento 2 das fundações para a estrutura metálica

Item	Preço Unit. Material	Preço Unit. Mão de Obra	Total Material	Total Mão de Obra	Valor Total
1					
1.1					
1.1.1	R\$ -	R\$ 43,25	R\$ -	R\$ 250,25	R\$ 250,25
1.2					
1.2.1	R\$ 204,18	R\$ 276,36	R\$ 90,89	R\$ 123,01	R\$ 213,90
1.3					
1.3.1	R\$ 46,20	R\$ 27,29	R\$ 654,14	R\$ 386,36	R\$ 1.040,50
1.4					
1.4.1	R\$ 5,95	R\$ 2,91	R\$ 385,65	R\$ 188,71	R\$ 574,36
1.5					
1.5.1	R\$ 270,30	R\$ 128,76	R\$ 864,96	R\$ 412,03	R\$ 1.276,99
1.6					
1.6.1	R\$ -	R\$ 27,29	R\$ -	R\$ 386,36	R\$ 386,36
1.7					
1.7	R\$ -	R\$ 25,09	R\$ -	R\$ 53,73	R\$ 53,73

Fonte: Elaborado pelo autor.

7.3.2 Orçamento da Estrutura

Seguem abaixo as tabelas referente ao orçamento para a estrutura metálica. Para o custo de material de perfil metálico, estão inclusos possíveis gastos com parafusos e tintas.

É importante ressaltar que tiveram de haver mudanças em relação a metragem dos perfis metálicos fornecidos pelo cálculo estrutural. A quantidade em metros inicial dos perfis metálicos foram as da tabela abaixo.

Tabela 14 - Orçamento primário da estrutura metálica

Item	Código	Descrição	Unidade	Quantidade
2		Estrutura		
2.1	C1878	Perfis Metálicos tipo "I"	m	
		Aço Laminado - W 310 x 44,5		67,5
		Aço Laminado - W 200 x 22,5		51,37
		Aço Laminado - W 250 x 32,7		31,43

Fonte: Elaborado pelo autor.

Porém, sabe-se que basear-se para elaboração do orçamento da estrutura metálica em unidades quebradas não condiz com a realidade na hora da compra do material, pois a grande maioria dos fornecedores trabalham com perfis de 6 e 12 metros de comprimento, então, foi adaptado a quantidade de metros de cada perfil em múltiplos de 6, como mostra a tabela abaixo.

Tabela 15 - Orçamento 1 da estrutura metálica

Item	Código	Descrição	Unidade	Quantidade
2		Estrutura		
2.1	C1878	Perfis Metálicos tipo "I"	m	
2.1.1		Aço Laminado - W 310 x 44,5		72
2.1.2		Aço Laminado - W 200 x 22,5		54
2.1.3		Aço Laminado - W 250 x 32,7		36
2.2	C2282	Solda em perfil metálico - terceirizada	m	150,3

Fonte: Elaborado pelo autor.

Baseado em múltiplos de 6, a quantidade de perfis a serem solicitados para os aços laminados em perfil I do tipo W310, W200 e W250, foram respectivamente de 12, 9 e 6 unidades.

A tabela abaixo refere-se à multiplicação da quantidade em metros dos perfis metálicos e da solda necessária para sua execução com os seus respectivos preços unitários, fornecidos tanto pela tabela de custos da SEINFRA, quanto pela GERDAU. O valor final para montagem de todos os perfis metálicos encontrados, somando-se todos os valores totais respectivos a cada atividade, foi de R\$57.000,22.

Tabela 16 - Orçamento 2 da estrutura metálica

Item	Preço Unit. Material	Preço Unit. Mão de Obra	Total Material	Total Mão de Obra	Valor Total
2					
2.1					
2.1.1	R\$ 316,60	R\$ 64,62	R\$ 22.795,36	R\$ 4.652,64	R\$ 27.448,00
2.1.2	R\$ 187,03	R\$ 64,62	R\$ 10.099,63	R\$ 3.489,48	R\$ 13.589,11
2.1.3	R\$ 278,18	R\$ 64,62	R\$ 10.014,56	R\$ 2.326,32	R\$ 12.340,88
2.1.4	R\$ 24,10	R\$ -	R\$ 3.622,23	R\$ -	R\$ 3.622,23

Fonte: Elaborado pelo autor.

O valor final total e os valores finais de material e mão de obra para execução total da estrutura em perfis metálicos, se encontram na tabela a seguir, onde o valor final total para execução de toda edificação em aço estrutural mais fundações foi de R\$60.796,31.

Tabela 17 - Orçamento final da estrutura em perfis metálicos

	Total Material	Total Mão de Obra	Valor Total
VALOR TOTAL	R\$ 48.527,41	R\$ 12.268,90	R\$ 60.796,31

Fonte: Elaborado pelo autor.

8 ELABORAÇÃO DO PLANEJAMENTO

8.1 DISPOSIÇÃO DAS PLANILHAS DE PLANEJAMENTO

Para a elaboração das planilhas de planejamento de ambas as estruturas, foi dividido as colunas da seguinte forma:

1. A coluna de item para reconhecimento da etapa
2. O código do produto retirado da tabela da SEINFRA.
3. Descrição da etapa a ser executada.
4. Unidade no qual foi retirado o quantitativo.
5. A quantidade necessária para execução daquela atividade.
6. A coluna de produtividade, dividida em vários tipos de mão de obra (pedreiro, ajudante/servente, carpinteiro, armador, montador e pintor) sendo preenchidas de acordo com a etapa a qual se faz seu uso.
7. A Jornada de trabalho.
8. Os dias necessários para executar o serviço, tendo como base apenas uma equipe executando-o.
9. Os dias estipulados para cada serviço para a elaboração do plano de ataque.

Nota-se que para a elaboração do planejamento, as colunas de código, descrição, unidade e quantidade continuarão as mesmas.

Para o fornecimento das horas necessárias para a realização da atividade em cada função, foram multiplicados os quantitativos retirados do dimensionamento e a quantidade de horas (fornecidas pela tabela da SEINFRA, pelo código mostrado) para execução do serviço. Então se foi baseado no maior valor de horas encontrado dentre todas as mãos de obras, dividindo esse valor pela jornada de horas da jornada, que é de 8 horas por dia. Por fim, foi encontrado a quantidade de dias necessários para a realização do serviço.

8.2 PLANEJAMENTO DA ESTRUTURA EM CONCRETO ARMADO

As tabelas abaixo fornecerão as informações utilizadas e encontradas para a elaboração do planejamento da estrutura em concreto armado, tanto das fundações quanto das estruturas.

Na tabela 18, demonstrada logo abaixo, mante-se o mesmo padrão da de orçamento nos quantitativo e unidades fornecidos para elaboração do planejamento das fundações da estrutura em concreto armado, pois são referentes às mesmas atividades.

Tabela 18 - Planejamento 1 das fundações da estrutura em concreto armado

Item	Código	Descrição	Unidade	Quantidade
1		Fundações		
1.1	C1256	Escavação	m³	
1.1.1		Escavação TOTAL	m ³	8,34
1.2	C1609	Lastro de Concreto		
1.2.1		Lastro de Concreto TOTAL	m ³	0,397
1.3	C4282	Fôrmas		
1.3.1		Forma para Fundação TOTAL	m ²	13,44
1.4	C4151	Armadura		
1.4.1		Armadura necessária para Fundações	kg	239
1.5	C0850+C16	Concretagem		
1.5.1		Concretagem necessária para Fundações	m ³	4,61
1.6	C4282	Desforma		
1.6.1		Desforma necessária para fundações	m ²	13,44
1.7	C2921	Aterro		
1.7		Aterro para cobrir fundações	m ³	3,33

Fonte: Elaborado pelo autor.

Já a tabela 19, é referente aos valores encontrados para elaboração do planejamento das fundações em concreto armado, onde a linha cinza referente ao respectivo item, é o valor fornecido pela tabela de custos da SEINFRA para a realização em horas da respectiva atividade, conforme mostra a tabela abaixo.

A linha branca, logo abaixo à linha cinza, na tabela 19, é referente à multiplicação da quantidade unitária em horas pelo quantitativo total para execução daquela atividade. Então é encontrado o valor total em horas para execução da atividade e selecionado o maior valor referente a todas as mão de obras, onde esse maior valor é dividido pela jornada de 8 horas/dia, encontrando-se assim a quantidade em dias para execução da atividade selecionada, e depois é estipulado, com base nesse valor encontrado, a quantidade de dias para serem postos no plano de ataque de execução da estrutura em concreto armado.

Tabela 19 - Planejamento 2 das fundações da estrutura em concreto armado

Item	Pedreiro	Ajudante/ Servente	Carpinteiro	Armador	Montador	Pintor	Jornada (h/dia)	Dias Necessários	Dias Estipulados
1									
1.1		2,93							
1.1.1		24,43					8	3,05	3
1.2	2	16							
1.2.1	0,8	6,4					8	0,79	1
1.3		0,75	0,75						
1.3.1		10,08	10,08				8	1,26	2
1.4		0,08		0,08					
1.4.1		19,12		19,12			8	2,39	3
1.5	2	6							
1.5.1	9,22	27,66					8	3,46	4
1.6		0,75	0,75						
1.6.1		10,08	10,08				8	1,26	1
1.7		1,7							
1.7		5,661					8	0,71	1

Fonte: Elaborado pelo autor.

A tabela logo abaixo é referente aos quantitativos necessários para execução das atividades para construção da estrutura em concreto armado e elaboração do planejamento da mesma.

Tabela 20 - Planejamento 1 da estrutura em concreto armado

Item	Código	Descrição	Unidade	Quantidade
2		Estrutura		
2.1	C4282	Fôrmas		
2.1.1		TÉRREO	m ²	10,53
2.1.2		1º PAVIMENTO	m ²	52,64
2.1.3		FORRO	m ²	51,6
2.2	C4151	Armaduras		
2.2.1		TÉRREO	kg	95
2.2.2		1º PAVIMENTO	kg	317
2.2.3		FORRO	kg	246
2.3		Concretagem		
2.3.1	C1604+C08	TÉRREO	m ³	0,49
2.3.2	C1603+C08	1º PAVIMENTO	m ³	3,29
2.3.3	C1603+C08	FORRO	m ³	3,29
2.4	C1271	Escoramento		
2.4.1		TÉRREO - 1º PAVIMENTO	m ²	26,74
2.4.2		1º PAVIMENTO - FORRO	m ²	26,74
2.5	C4282	Desforma e retirada das escoras		
2.5.1		TÉRREO	m ²	10,53
2.5.2		1º PAVIMENTO	m ²	52,64
2.5.3		FORRO	m ²	51,6

Fonte: Elaborado pelo autor.

A tabela 21 segue o mesmo padrão da tabela 19 explicado anteriormente, para elaboração do planejamento da estrutura em concreto armado.

Tabela 21 - Planejamento 2 da estrutura em concreto armado

Item	Pedreiro	Ajudante/ Servente	Carpinteiro	Armador	Montador	Pintor	Jornada (h/dia)	Dias Necessários	Dias Estipulados
2									
2.1		0,75	0,75						
2.1.1		7,90	7,90				8	0,99	1
2.1.2		39,48	39,48					4,94	5
2.1.3		38,7	38,7					4,84	5
2.2		0,08		0,08					
2.2.1		7,6		7,6			8	0,95	1
2.2.2		25,36		25,36				3,17	3
2.2.3		19,68		19,68				2,46	3
2.3	2 e 5	6 e 8							
2.3.1	0,98	2,94					8	0,37	1
2.3.2	16,45	26,32						3,29	4
2.3.3	16,45	26,32						3,29	4
2.4		0,1							
2.4.1		2,7					8	0,33	1
2.4.2		2,7						0,33	1
2.5		0,75	0,75						
2.5.1		7,8975	7,8975				8	0,99	1
2.5.2		39,48	39,48					4,94	5
2.5.3		38,7	38,7					4,84	5

Fonte: Elaborado pelo autor.

Após a elaboração de todo planejamento referente a edificação em concreto armado, criou-se um plano de ataque para distribuição de todas as atividades exercidas para execução da estrutura em concreto armado. Foi necessário a criação do plano de ataque pois sabe-se que algumas atividades podem ser exercidas simultaneamente a outras, como é o caso de montagem de formas e de armaduras. O plano de ataque para a edificação em concreto armado segue em anexo, de número 1, no final desse estudo.

Com base no plano de ataque elaborado, encontrou-se que para a realização de todas as atividades necessárias para execução da estrutura em concreto armado, é necessário um total de 42 dias úteis de trabalho.

8.3 PLANEJAMENTO DA ESTRUTURA METÁLICA

Seguem abaixo as tabelas referentes ao planejamento da estrutura com perfis metálicos, tanto das fundações quanto da estrutura.

A tabela 22 é referente às atividades necessárias para execução das fundações para a edificação em estrutura metálica, seguindo de seus quantitativos, já encontrados anteriormente.

Tabela 22 - Planejamento 1 das fundações da estrutura metálica

Item	Código	Descrição	Unidade	Quantidade
1		Fundações		
1.1	C1256	Escavação	m³	
1.1.1		Escavação TOTAL	m ³	5,79
1.2	C1609	Lastro de Concreto		
1.2.1		Lastro de Concreto TOTAL	m ³	0,445
1.3	C4282	Forma		
1.3.1		Forma para Fundação TOTAL	m ²	14,16
1.4	C4151	Armadura		
1.4.1		Armadura necessária para Fundações	kg	64,84
1.5	C0850+C16	Concretagem		
1.5.1		Concretagem necessária para Fundações	m ³	3,2
1.6	C4282	Desforma		
1.6.1		Desforma necessária para fundações	m ²	14,16
1.7		Aterro		
1.7		Aterro para cobrir fundações	m ³	2,14

Fonte. Elaborado pelo autor.

A tabela abaixo é referente ao planejamento das fundações da edificação em estrutura metálica, seguindo o mesmo modelo explicado na tabela 19, referente às fundações da estrutura em concreto armado.

Tabela 23 - Planejamento 2 das fundações da estrutura metálica

Item	Pedreiro	Ajudante/ Servente	Carpinteiro	Armador	Montador	Pintor	Jornada (h/dia)	Dias Necessários	Dias estipulados
1									
1.1		2,93							
1.1.1		16,95					8	2,12	2
1.2	2	16							
1.2.1	0,9	7,1					8	0,89	1
1.3		0,75	0,75						
1.3.1		10,62	10,62				8	1,33	2
1.4		0,08		0,08					
1.4.1		5,19		5,19			8	0,65	1
1.5	2	6							
1.5.1	6,4	19,2					8	2,40	3
1.6		0,75	0,75						
1.6.1		10,62	10,62				8	1,33	1
1.7		1,7							
1.7		3,641					8	0,46	1

Fonte: Elaborado pelo autor.

A tabela 24 é referente aos quantitativos para elaboração do planejamento da estrutura metálica, percebe-se que a solda estará presente juntamente aos quantitativos encontrados para perfis metálicos, pois serão executadas simultaneamente.

Tabela 24 - Planejamento 1 da estrutura metálica

Item	Código	Descrição	Unidade	Quantidade
2		Estrutura		
2.1		Perfis Metálicos tipo "I" + solda	m	
2.1.1		Aço Laminado - W 310 x 44,5		67,5
2.1.2		Aço Laminado - W 200 x 22,5		51,37
2.1.3		Aço Laminado - W 250 x 32,7		31,43

Fonte: Elaborado pelo autor.

Nota-se que para a utilização dos quantitativos, optou-se por utilizar das quantidades reais fornecidas pelo software, pois será a quantidade que a mão de obra irá montar e executar.

A tabela abaixo, de número 25, termina a etapa de planejamento da estrutura metálica, após a elaboração dos dias estipulados para alimentar o plano de ataque para execução da estrutura metálica. A tabela segue o mesmo modelo da de número 19, explicado anteriormente.

Tabela 25 - Planejamento 2 da estrutura metálica

Item	Pedreiro	Ajudante/ Servente	Carpinteiro	Armador	Montador	Pintor	Jornada (h/dia)	Dias Necessários	Dias estipulados
2									
2.1		1,5			1,5	0,5			
2.1.1		101,3			101,3	33,8	8	12,66	13
2.1.2		77,1			77,1	25,7		9,63	10
2.1.3		47,1			47,1	15,7		5,89	6

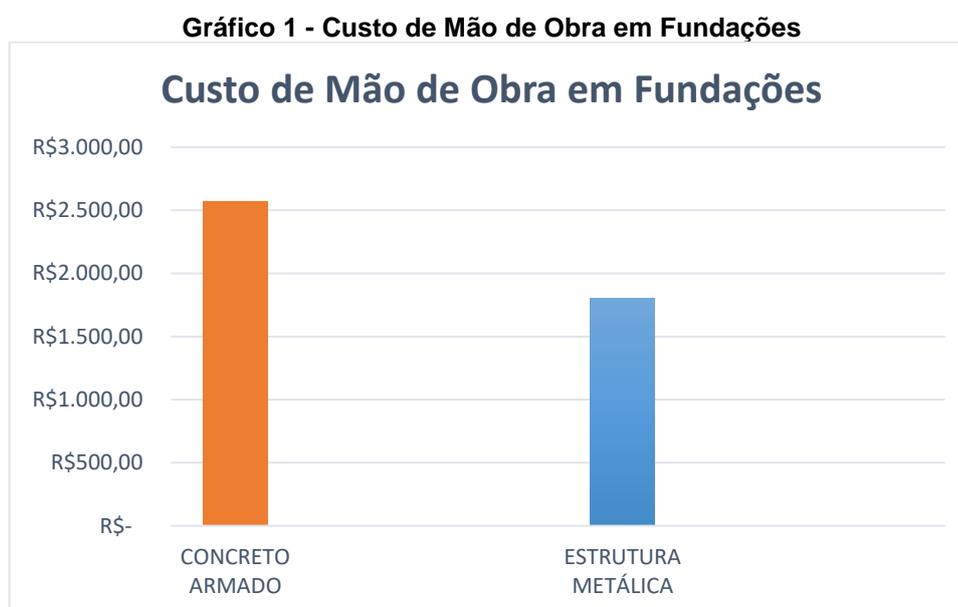
Fonte: Elaborado pelo autor.

Após a obtenção dos dias estipulados de todas as etapas para execução da edificação, criou-se um plano de ataque para execução da estrutura metálica. Com o plano de ataque elaborado, chegou-se ao tempo necessário para execução de toda a estrutura metálica de 25 dias úteis. O plano de ataque referente à execução da edificação em estrutura metálica segue em anexo, de número 2, no fim do estudo.

9 RESULTADOS

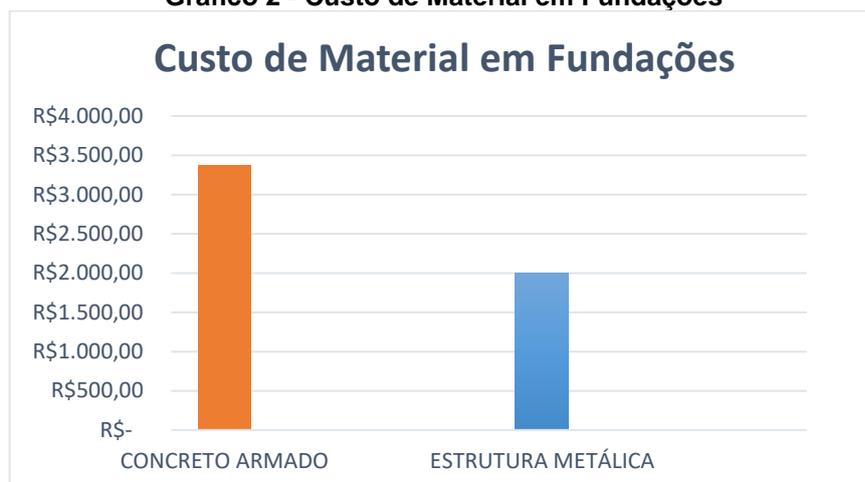
Com o orçamento e planejamento das estruturas em concreto armado e perfil metálico finalizados, é necessário, por meio de valores e porcentagens, evidenciar as vantagens e desvantagens que cada estrutura apresentou ao longo do desenvolvimento do trabalho.

Conforme demonstra o gráfico a seguir, para o custo de mão de obra para realizar as atividades referentes às fundações da edificação, a estrutura em concreto armado apresentou um valor de R\$2.576,41, já a em aço estrutural, apresentou um valor de R\$1.800,46, tornando sua mão de obra 43% mais econômica em relação a de concreto armado.



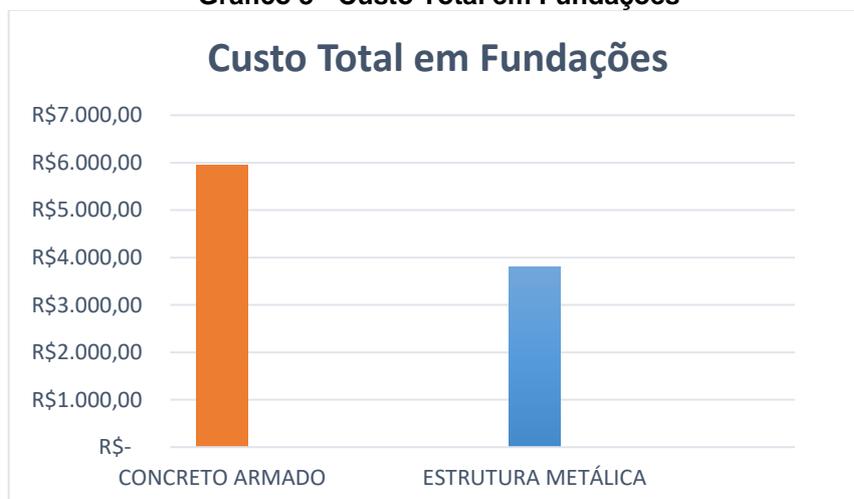
Fonte: Elaborado pelo autor.

Para o custo de material referente à execução das fundações, a estrutura metálica também apresentou ser mais econômica, em uma porcentagem de aproximadamente 69%, onde apresenta o valor de R\$1995,64, e a estrutura em concreto armado apresenta o valor de R\$3.369,52, conforme ilustra o gráfico abaixo.

Gráfico 2 - Custo de Material em Fundações

Fonte: Elaborado pelo autor.

A estrutura em concreto armado, baseando-se na soma dos resultados encontrados de custo de material e custo de fundação, apresentou o valor total para executar as fundações de R\$ 5.945,93, já a estrutura em perfis metálicos apresentou o valor total de R\$ 3.796,09, conforme mostra o gráfico abaixo, sendo então 57% mais barato executar as fundações para estrutura em aço estrutural do que em concreto armado, evidenciando o que foi abordado ao longo desse estudo, onde a estrutura metálica é de fato, consideravelmente mais leve do que a em concreto armado, gerando fundações de menor dimensões, proporcionando assim menor custo para execução das suas fundações.

Gráfico 3 - Custo Total em Fundações

Fonte: Elaborado pelo autor.

Porém, para o custo de material das estruturas, o valor da soma de todos os perfis metálicos se mostraram ser muito mais elevado do que o valor de todos os materiais necessários para levantar a estrutura em concreto armado. O custo de material para as estruturas metálicas foi de R\$46.531,78, já o custo de material para a estrutura em concreto foi de R\$11.554,42, conforme a tabela abaixo. O custo de material dos perfis metálicos foi então 303% maior do que o custo de material em concreto armado, de acordo com os valores de materiais da tabela da SEINFRA e o valor dos perfis metálicos fornecidos pela GERDAU.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Já o custo de mão de obra para o levantamento de ambas estruturas, o valor apresentado foi muito próximo, com o valor de mão de obra para execução das estruturas metálicas de R\$10.468,44 e da estrutura em concreto armado de R\$9.758,33. Pode-se concluir então que apesar requerer uma mão de obra mais qualificada, e baseando-se nos coeficientes de mão de obra fornecidos pela SEINFRA, o valor de mão de obra para levantamento da estrutura metálica foi R\$710,11 mais elevado do que para a de concreto armado.

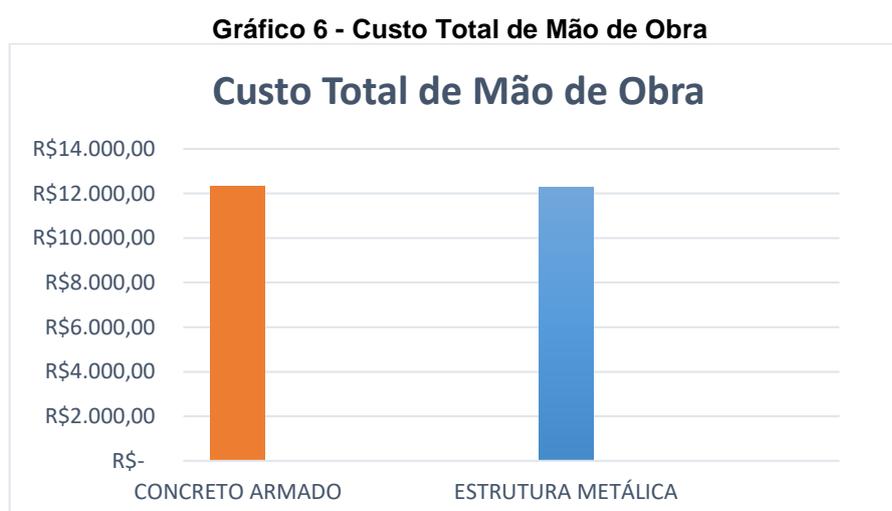
Partindo para o comparativo total de custo das edificações, considerando a soma dos valores encontrados de custo de material das fundações e da estrutura, a edificação feita em concreto armado apresentou um custo total de material de R\$14.923,94, já a edificação feita em perfis metálicos, apresentou um custo total de material de R\$48.527,41, conforme demonstra o gráfico a seguir. O custo de materiais

necessários para executar a edificação em concreto armado se mostrou ser 225% mais econômico do que a feita em aço estrutural.



Fonte: Elaborado pelo autor.

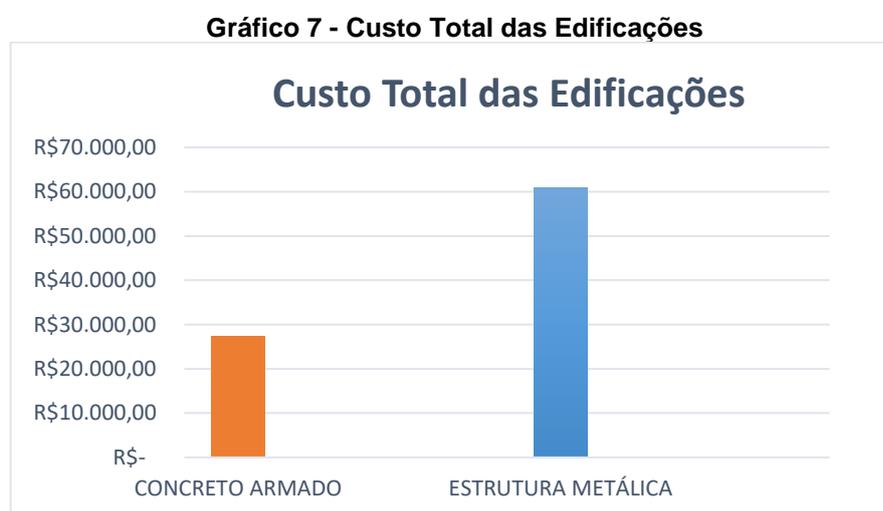
Já o custo total de mão de obra para executar as duas estruturas se mostrou muito próximo, com o valor necessário de mão de obra para a edificação em concreto armado de R\$12.334,74, e para a edificação em aço estrutural de R\$12.268, conforme o gráfico abaixo.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Nota-se que a edificação feita em aço estrutural passa a se tornar a mais econômica do comparativo no âmbito de custo de mão de obra, pois apesar de seu custo maior para o levantamento da estrutura, há um custo menor para execução das suas fundações. Porém, a diferença de valor de mão de obra entre as duas edificações é de apenas R\$65,85.

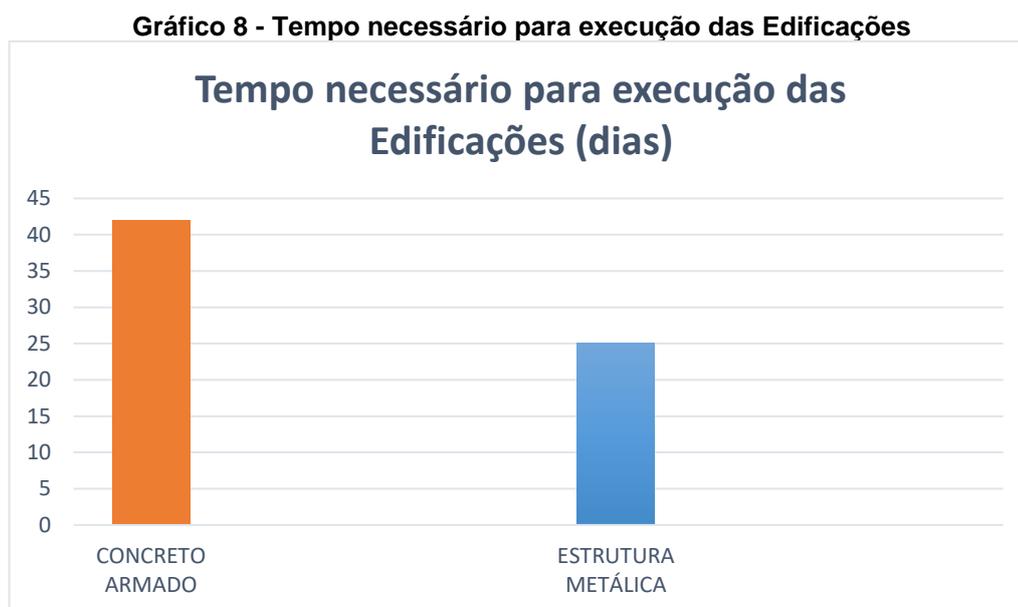
Partindo então para o custo total das edificações, somando-se os valores totais de custo de mão de obra e custo de materiais encontrados, a edificação feita através do método estrutural de concreto armado apresentou um custo total de R\$27.258,68, e edificação feita em aço estrutural apresentou um custo total de R\$60.796,31, conforme evidencia o gráfico a seguir.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Como pode se observar do gráfico acima, a edificação feita em estrutura metálica apresentou ser aproximadamente 123% mais cara do que a feita em concreto armado, o que evidencia que de fato, a estrutura em concreto é bem mais econômica do que a em aço estrutural e tal economia pode ser decisiva para a escolha do tipo de estrutura que o cliente deseja ter. É importante novamente lembrar que os valores para os perfis utilizados foram orçados no período de pandemia causada pelo vírus da COVID-19, e devido a esse fato, há no mercado pouquíssimos produtos de perfis metálicos em estoque, onde a compra deve ser feita com bastante antecedência e os preços podem ter aumentado consideravelmente. Então, ressalta-se que esse fator pode ter afetado o estudo comparativo de custo entre os dois métodos estruturais, podendo possivelmente ter elevado o custo para utilização das estruturas metálicas.

Partindo para o comparativo de planejamento do tempo necessário para execução das duas estruturas, chegou-se ao resultado, através dos planos de ataque, de que, para executar a edificação em concreto armado, levam-se 42 dias úteis, e para executar a mesma edificação em aço estrutural, levam-se 25 dias úteis, conforme demonstra o gráfico a seguir.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Baseando-se nas informações coletadas, pode-se concluir que a edificação feita em estrutura metálica se mostrou 68% mais rápida em execução e montagem do que a feita em concreto armado. Esse fator fortifica o que foi debatido ao longo desse trabalho, de que de fato, a estrutura metálica apresenta um tempo de execução muito mais rápido e eficiente do que a outra comparada.

10 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O fato de que a estrutura metálica, com o resultado de uma fundação com dimensões menores, gerando menos carga nas fundações e conseqüentemente mais econômica, se comparada à de concreto armado, pode vir a ser de mais utilidade se a possibilidade de trabalhar com fundações rasas esteja sendo inviável para uma estrutura em concreto, devido a uma possível baixa resistência do solo, mas consiga ser executada em uma estrutura metálica. Entretanto, o presente trabalho não tem como objetivo discutir esse tema, deixando apenas a possibilidade de ser elaborado algum estudo específico.

Através de todos os resultados encontrados, pode-se chegar à conclusão de que ambos métodos estruturais possuem seus pontos positivos e negativos. A estrutura metálica, apesar de seu custo total mais elevado, apresentou uma rapidez em sua execução também consideravelmente maior do que a feita em concreto armado, e que para obras que buscam o lucro, partindo do pressuposto de que quanto mais rápido o empreendimento iniciar e finalizar, mais faturamento a empresa ganha, a escolha do método de perfis metálicos para o tipo de estrutura se torna uma ótima e viável opção.

É importante ressaltar que há alguns fatores que podem beneficiar ainda mais o uso dos perfis metálicos para obras residenciais, como a produção em grande escala para a execução de um condomínio de casas de um mesmo empreendimento, onde a diferença em dias apresentada entre os dois métodos estruturais seria ainda maior, e tal diferença afetaria diretamente o planejamento da obra, fazendo com que haja um adiantamento na execução das outras etapas que sucedem o levantamento da estrutura e conseqüentemente, gerando menos gasto com mão de obra.

Para casos onde a empresa que executará a obra queira ter um aporte menor, a utilização do método em concreto armado se mostrou bastante vantajosa devido ao seu considerável menor custo. Já para obras do âmbito residencial onde não há a necessidade de lucro, em um cenário onde o cliente não tem a necessidade de executar a estrutura em um tempo menor, e não há uma preferência arquitetônica, é aconselhável, economicamente, no período atual no qual esse trabalho foi escrito, de que se opte pela estrutura em concreto armado.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, Augusto Teixeira de. **Análise de Alternativas Estruturais para Edifícios em Concreto Armado**. 1999. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) – Escola de Engenharia, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1999.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14859-1: Laje pré-fabricada – Requisitos, Parte 1: Lajes unidirecionais. Rio de Janeiro, 2002.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto — Procedimento**. Rio de Janeiro, 2014.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6120: Ações para o cálculo de estruturas de edificações**. Rio de Janeiro, 2019.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6122: Projeto e execução de fundações**. Rio de Janeiro, 2019.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8681: Ações e segurança nas estruturas – Procedimento**. Rio de Janeiro, 2004.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8800: Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios. Rio de Janeiro, 2008.
- BASTOS, Paulo Sérgio dos Santos. **Pilares de Concreto Armado**. Apostila do Curso de Engenharia Civil da UNESP, Campus de Bauru, Bauru, 2017.
- BRANDÃO, Ana Maria da Silva. **Qualidade e Durabilidade das Estruturas de Concreto Armado**: Aspectos relativos ao projeto. 1998. Dissertação (Mestrado em Engenharia das Estruturas) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1998.
- CARVALHO, Roberto Chust; FIGUEIREDO FILHO, Jasson Rodrigues. **Cálculo e Detalhamento de Estruturas Usuais de Concreto Armado Segundo a NBR 6118:2014**. 4.ed. São Carlos: EdUFSCar, 2019.
- CASTRO, Eduardo Mariano Cavalcante de. **Patologias dos Edifícios em Estrutura Metálica**. 1999. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 1999.
- CAVALCANTE, Alexsandre Lira; MAIA, Ana Cristina Lima; OLIVEIRA, Tereza Maria de. Ceará se qualifica como um dos principais exportadores de ferro e aço do Brasil. **Enfoque Econômico IPCE**. Fortaleza, n. 145. 21, mar. 2017;
- CLÍMACO, João Carlos Teatini de Souza. **Estruturas de Concreto Armado: Fundamentos de Projeto, Dimensionamento e Verificação**. 2.ed. Brasília: Editora UnB, 2008.

HERMSDORFF, Mariana Martins de Carvalho. **A Estrutura Metálica como Solução para a Habitação de Interesse Social**: Uma avaliação pós-ocupacional do conjunto habitacional Oswaldo Barbosa Penna II, Nova Lima - MG. 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2005.

KNOLSEISEN, Patrícia Cecília. **Compatibilização de Orçamento com o Planejamento do Processo de Trabalho para Obras de Edificações**. 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

MANCINI, Luciana Cotta. **Pré-dimensionamento de Estruturas Metálicas em Fase de Concepção Arquitetônica**. 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2003.

MATTOS, Aldo Dórea. **Como Preparar Orçamentos de Obras**: dicas para orçamentistas, estudo de caso, exemplos. 1.ed. São Paulo: Editora Pini, 2006.

PARGA, Pedro. **Cálculo do Preço de Venda na Construção Civil**. 2.ed. São Paulo: Pini, 2003.

PFEIL, Walter; PFEIL, Michèle. **Estruturas de Aço**: Dimensionamento Prático. 8.ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009.

PINHEIRO, Antonio Carlos da Fonseca Bragança. **Estruturas Metálicas**: Cálculo, Detalhes, Exercícios e Projetos. 2.ed. São Paulo: Editora Blucher, 2005.

PORTO, Thiago Bomjardim; FERNANDES, Danielle Stefane Gualberto. **Curso Básico de Concreto Armado**: Conforme NBR 6118/2014. 1.ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2015.

REBELLO, Yopanan Conrado Pereira. **Fundações**: Guia Prático de Projeto, Execução e Dimensionamento. 4.ed. São Paulo: Zigurate Editora, 2008.

